

Beiträge zu einem
Kompetenzmodell im Rahmen
der Erstausbildung von
Eisenbahnern im
Betriebsdienst/Fahrweg

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.)

der
Erziehungswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Erfurt

vorgelegt von
Alexander Biehounek

Erfurt 2014

Erstes Gutachten: Prof. Dr. Helmut Niegemann (Universität Erfurt)
Zweites Gutachten: Prof. Dr. Waldemar Bauer (Universität Erfurt)
Drittes Gutachten: Prof. Dr.-Ing. Jörn Pachl (Technische Universität Braunschweig)

Tag der Disputation: 17. November 2014

Datum der Promotion: 17. November 2014

URN: urn:nbn:de:gbv:547-201400577

Danksagung

Mein Dank gilt zunächst Herrn Professor Dr. Niegemann, der mir einen Rahmen zur Bewältigung der angestrebten Aufgabe ermöglicht hat und mir durch wertvolle und detaillierte Auskunft in vielen Bereichen eine Hilfe war. Herr Professor Dr. Bauer hat mir wichtige Einblicke in die Lehrplanentwicklung aus der Perspektive des BIBB gegeben. Über Herrn Professor Dr. Pachl konnte ich mit einem kanadischen Unternehmen Kontakt aufnehmen, das sich auf die Stellwerksimulation spezialisiert hat.

Für die Möglichkeit und das Verständnis, neben meiner vollen Stelle als Berufsschullehrer wissenschaftlich tätig zu sein, bedanke ich mich bei meinen Dienstvorgesetzten bzw. Arbeitgeber.

Dank der Offenheit des Betreuers beim BIBB für den Ausbildungsberuf Eisenbahner im Betriebsdienst/Eisenbahnerin im Betriebsdienst wurde die Überarbeitung der Fachinhalte in erheblichem Maße erleichtert.

Für die hervorragende Mitarbeit möchte ich mich herzlich bei allen Mitwirkenden der *Arbeitsgruppe Ausbildung EiB* und der Usability-Untersuchung bedanken. Die Ausbildungsexperten haben überwiegend in ihrer Freizeit an der Untersuchung mitgewirkt. Deren beispielhafte Mitarbeit und auch die der Schüler der Klasse EiB 11 B (Schuljahr 2013/14) haben im Kern die Usability-Untersuchung erst ermöglicht. Mein Dank gilt auch dem Bundesverband der Lehrer/-innen für das Eisenbahnwesen an beruflichen Schulen, dass die Ausbildungssoftware freundlicherweise vorgestellt und ein kurzes Feedback im Rahmen der Usability-Untersuchung eingeholt werden konnte.

Abschließend gilt mein besonderer Dank neben meiner Familie, meinen Freunden, Bekannten und Kollegen vor allem meiner Gattin Isgard, die alle Verständnis für die vielen Stunden der Abwesenheit aufgebracht haben.

Zu einigen in der Ausbildungssoftware verwendeten Bildern konnte weder die Quelle noch der Urheber ausfindig gemacht werden. Ich bitte die Urheber auf diesem Weg, sich zu melden, damit ich entweder die Quellenangabe rechtmäßig ergänzen kann oder das Bild wunschgemäß aus dieser Arbeit entfernen werde. Die Verwendung resultiert keinesfalls aus bössartiger Absicht.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird für einen sicherheitsrelevanten Erstausbildungsberuf mit geringen Ausbildungszahlen eine Ausbildungssoftware auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse – vor allem des Instruktionsdesigns – exemplarisch zur Anwendung entwickelt. Die Ausbildungssoftware soll wie bei Achtenhagen und Winther (n. d.) die Fachdidaktik für die primäre Zielgruppe *Novizen* (Auszubildende und zukünftige Ausbildungsexperten) bereichern und als Grundlage für die empirische Überprüfung eines hier a priori entwickelten Fachkompetenzmodells auf zwei Subebenen dienen. Hierfür werden:

- der Ausbildungsrahmen ermittelt und die curricularen Fachinhalte der Ausbildung mit einem funktionalistischen Ansatz (vgl. Schiro, 2008; Weber und Trost, n. d., S. 48) überarbeitet,
- Basisitems zur Itemableitung entwickelt und klassifiziert,
- die Kombination der Instruktionsmodelle DO-ID nach Niegemann et al. (2008) und 4C/ID nach van Merriënboer (1997) für den betrachteten Erstausbildungsberuf auf der Grundlage von Komplexitätsuntersuchungen (Fachinhalte und Basisitems) begründet sowie
- die Usability der Ausbildungssoftware experten- und lernerzentriert überprüft.

Aktuell werden in der Forschung überwiegend Fachkompetenzmodelle ausbildungsstarker Berufe (Nickolaus, n. d. a, S. 333) bzw. nicht sicherheitsrelevanter Ausbildungen (Hecht, 2004) betrachtet. Die Komplexität von Fachinhalten wird im Rahmen der Kompetenzmodellierung meist zu ungenau berücksichtigt (vgl. Clement, 2008). Abhängig von der Komplexität der Fachinhalte kommen zur Entwicklung von Ausbildungssoftware aktuell zwar verschiedene Instruktionsmodelle zum Einsatz, z. B. für komplexe Fachinhalte das 4C/ID-Modell von van Merriënboer (1997), jedoch werden diese Instruktionsmodelle nicht aufgrund einer fundierten Untersuchung miteinander kombiniert.

Der Autor war mehrjährig Triebfahrzeugführer¹ im Betriebsdienst, bildete Technische Assistenten für Informatik aus, war EDV-Administrator und

¹ zuletzt: Oberlokomotivführer

VI

unterrichtet seit mehreren Jahren u. a. Eisenbahner/Eisenbahnerinnen im Betriebsdienst an einer Nürnberger Berufsschule (vgl. Blings, n. d., S. 184).

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Definitionen und beruflicher Rahmen	3
2.1	Definitionen	3
2.2	Überblick zum Beruf EiB	7
2.2.1	Berufliche Anforderungen	7
2.2.2	Rechtlicher Ausbildungsrahmen	8
2.2.3	Regelausbildungsmodell und Ausbildungsexperten	8
3	Überarbeitung des Ausbildungsrahmens	11
3.1	Ziele, Methodik und psychometrische Güte	11
3.2	Durchführung des ersten Expertentreffens	12
3.3	Überarbeiteter Ausbildungsrahmen	13
3.3.1	Anforderungen an Fachkräfte	13
3.3.2	Erkenntnisse für die Ausbildung	14
3.3.3	Grenzen der Ausbildungsstruktur	16
4	Fachinhalte und Kompetenzmodelle	17
4.1	Status Quo der Fachinhaltsgliederungen	17
4.1.1	Curriculare und betriebliche Fachinhalte	18
4.1.2	Pütz'sche Erläuterungen zu Ausbildungsinhalten	19
4.1.3	Didaktische Jahresplanungen	19
4.1.4	Weitere Gliederungen der Fachinhalte	20
4.1.5	VDV-Schema zur Lernzielformulierung	21
4.2	Kompetenz: Lern- und Anforderungsperspektive	22
4.3	Grundlagen zu Kompetenzmodellen	22
4.3.1	Kompetenzstrukturmodelle	22
4.3.2	Kompetenzniveaumodelle	26
4.3.3	Kompetenzmodelle anderer Ausbildungsberufe	27
4.4	Ziele, Methodik und Güte der Untersuchung	32
4.4.1	Überarbeitung der Fachinhalte	33
4.4.2	Komplexität der Fachinhalte und der Basisitems	35
4.4.3	Weitere Eigenschaften der Fachinhalte	38

4.4.4	Weitere Eigenschaften der Basisitems	39
4.4.5	Vorarbeiten zu einem Kompetenzmodell	40
4.5	Vorbereitungen zum zweiten Expertentreffen	41
4.5.1	Administrative Vorbereitungen	41
4.5.2	Inhaltliche Vorbereitung	42
4.6	Durchführung des zweiten Expertentreffens	43
4.6.1	DACUM-Workshops	43
4.6.2	Erweiterung der DACUM-Workshops	48
4.6.3	Abschließende Tätigkeiten	48
4.7	Ergebnis: Fachinhalte und Kompetenzmodell	49
4.7.1	Handlungsfelder, Fachinhalte und Basisitems	50
4.7.2	Komplexität von Fachinhalten und Basisitems	56
4.7.3	Weitere Eigenschaften von Fachinhalten	62
4.7.4	Weitere Eigenschaften von Basisitems	63
4.7.5	Vorbereitetes Kompetenzmodell	66
5	Design der Ausbildungssoftware	69
5.1	Didaktisch-pädagogisches Grobkonzept	69
5.1.1	Konzept für Novizen	71
5.1.2	Konzept für Fachpersonen	76
5.2	Contentstrukturierung und -design	77
5.2.1	Contentstruktur	77
5.2.2	Linearisierung vernetzter Fachinhalte	82
5.2.3	Segmentierung und Sequenzierung	84
5.2.4	Theoretische Basis zum Lernen in Lernmodulen	87
5.3	Multimediadesign	89
5.3.1	Text	90
5.3.2	Audio	94
5.3.3	Bilder	95
5.3.4	Animationen	97
5.4	Interaktionsdesign und Lernerunterstützung	101
5.4.1	Mensch-Computer-Interaktion	102
5.4.2	Interaktivität, Adaptivität und Lernerunterstützung	104
5.4.3	Design von Items	107
5.4.4	Feedback	110
5.5	Motivationsdesign	111
5.6	Technisches Konzept	112
5.6.1	Version 7: Textuelle Fachinhalte	113
5.6.2	Versionen 8.1 bis 8.3: Usability	113
5.6.3	Version 9: Multimedia und Dynamisierung	114

6	Usability-Untersuchung	115
6.1	Theoretische Erkenntnisse	115
6.1.1	Evaluation	115
6.1.2	Usability	116
6.2	Untersuchungsdesign und Durchführung	119
6.2.1	Überblick über das Untersuchungsdesign	120
6.2.2	Expertenzentriertes heuristisches Evaluationsdesign . .	121
6.2.3	Lernerzentriertes Voruntersuchungsdesign	122
6.2.4	Lernerzentriertes Vergleichsuntersuchungsdesign	124
6.2.5	Lernerzentriertes Gesamtuntersuchungsdesign	126
6.2.6	Chronologischer Ablauf und psychometrische Güte . .	126
6.2.7	Durchführung der Untersuchungen und Auswertung der Voruntersuchung	128
6.3	Teilergebnisse der Usability-Untersuchung	130
6.3.1	Layoutgestaltung im Sinne der Ausbildungsexperten .	132
6.3.2	Usability aus Ausbildungsexpertensicht	133
6.3.3	Learnability aus Ausbildungsexpertensicht	137
6.3.4	Präferiertes Layout für die Lerner	140
6.3.5	Zufriedenheit der Lerner mit der Gesamtstruktur . . .	142
6.4	Gesamtergebnis der Usability-Untersuchung	148
7	Beiträge zu einem Kompetenzmodell	151
7.1	Ermittelter Ausbildungsrahmen	151
7.2	Fachinhalte und Fachkompetenzmodell	152
7.3	Ausbildungssoftware	155
7.4	Gesamtüberblick	158
8	Resümee und Ausblick	159
A	Ergebnisse zum 1. Expertentreffen	161
B	Unterlagen zum 2. Expertentreffen	167
C	Abbildungen zur Ausbildungssoftware	169
D	Heuristische Evaluation	179
E	Problematische Expertenempfehlungen	193
F	Verglichene Layoutvarianten	201
G	Inhalt der beiliegenden CD-ROM	203

Abbildungsverzeichnis

4.1	Kompetenzstrukturmodelle	23
4.2	Eigenschaften von Kompetenzmessverfahren	34
4.3	Gesuchte und DACUM-Struktur	34
5.1	Initiale Startseite mit Hauptmenü	75
5.2	Einführungsseite (Grundstufe)	79
5.3	Übungsseite (Grundstufe)	80
5.4	Menü (3. Ausbildungsjahr)	81
5.5	Befehl 2	83
5.6	Optische Bildgruppen	98
6.1	Ergebnisse zu dem Fragebogen WAMMI	146
7.1	Kompetenzstrukturmodell der 1. Subebene	154
7.2	Kompetenzstrukturmodell der 2. Subebene	154
C.1	Startseite für den Ausbildungskurs	169
C.2	Startseite für die Themenauswahl	170
C.3	Feedbackstatistik	171
C.4	Lern-Contentseite (Grundstufe)	172
C.5	Testseite (Grundstufe)	173
C.6	Einführungsseite (3. Ausbildungsjahr)	174
C.7	Lern-Contentseite (3. Ausbildungsjahr)	175
C.8	Signale: Begriff, Bezeichnung und Bild	176
C.9	Part-Task-Training (3. Ausbildungsjahr)	177
F.1	Layout der Version 8.1	201
F.2	Layout der Version 8.2	202
F.3	Layout der Version 8.3	202

Tabellenverzeichnis

4.1	Handlungsfelder	51
4.2	Legende zur Tabelle der Fachinhalte	51
4.3	Fachinhalte der Handlungsfelder	52
4.4	Fachinhaltskomplexität P	57
4.5	Fachinhaltskomplexität DP	58
4.6	Fachinhaltskomplexität BDP	58
4.7	Absolute Basisitemkomplexität	60
4.8	Relative Basisitemkomplexität	61
4.9	Abgleich von Komplexitäten	61
4.10	Absolute Häufigkeit von Fachinhalten	62
4.11	Weitere Eigenschaften der Fachinhalte I: Wissensarten	62
4.12	Weitere Eigenschaften der Fachinhalte II	63
4.13	Absolute Häufigkeit von Basisitems	64
4.14	Weitere Eigenschaften der Basisitems I	64
4.15	Weitere Eigenschaften der Basisitems II: kogn. Prozessdim.	64
4.16	Weitere Eigenschaften der Basisitems III: Niveaustufen	65
4.17	Weitere Eigenschaften der Basisitems IV: Subkompetenzen	67
5.1	Lernmodul-Formatunterschiede I	77
5.2	Lernmodul-Formatunterschiede II: Vorgehen	82
5.3	Typische berufliche Situationen	85
5.4	Integrierte Blöcke	86
5.5	Farbschema (Text – Hintergrund)	92
5.6	Variation der Schriftgröße	93
5.7	Eigenschaften zu Videos und Kurzanimationen	99
5.8	Technische Voraussetzungen der Ausbildungssoftware	113
6.1	Vergleich von vier Usability-Untersuchungsmethoden	119
6.2	Variation von Hintergrundfarben	125
6.3	Chronologischer Ablaufplan der Usability-Untersuchung	127
6.4	Psychometrische Güte für die Usability-Untersuchung	127
6.5	Basisdaten zur Voruntersuchung	131
6.6	Häufigkeit der Usability-Probleme	135

6.7	Stärke der Usability-Probleme	135
6.8	Usability-Problem-Klassifizierung, Ausbildungsexperte R . . .	136
6.9	Prioritätstendenzen der Ausbildungsexperten	136
6.10	Expertenzentrierte Learnability: absolute Häufigkeiten	137
6.11	Expertenzentrierte Learnability: Mediane	138
6.12	Basisdaten zur Gesamtbewertung	139
6.13	Antworten zu der Vergleichsuntersuchung	141
6.14	Leistungskontrolle <i>außergewöhnliche Beförderung</i>	142
6.15	Ergebnisse zu dem Fragebogen ISONORM 9241/10	147

Abkürzungsverzeichnis

Anmerkung: Es sind nicht alle in der Arbeit auftretenden Abkürzungen aufgenommen. Insbesondere eisenbahnspezifisch bekannte Abkürzungen, die in den Richtlinien der Bahn (z. B. der Ril 408 – Züge fahren und rangieren) auftreten, sind hier nicht genannt, um den Überblick auf wichtige Abkürzungen nicht zu schmälern und das Verzeichnis kurz zu halten.

<i>Abkürzung</i>	<i>Bedeutung</i>
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz vom 27.12.1993; BGBl I S. 2378 (2396) (1994, 2439), zuletzt geändert durch Art. 8 des Gesetzes vom 26.2.2008 (BGBl. I S. 215)
BIBB	Bundesinstitut für Berufliche Bildung
BZ	Betriebszentrale
CGI	common gateway interface; Server-Client-Datenaustauschstandard zur Dynamisierung von Webseiten
CSS	cascading style sheet; deklarative Sprache für Formatvorlagen zur Strukturierung von HTML-Seiten
DACUM	Developing a Curriculum
DB (DB AG)	Deutsche Bundesbahn (Deutsche Bahn Aktienges.)
DR	Deutsche Reichsbahn
DQR	Deutscher Qualifikationsrahmen
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 8.5.1967; BGBl. 1967 II S. 1563, zuletzt geändert durch die Verordnung vom 25.7.2012 (BGBl. I S. 1703)
EiB	Eisenbahner/Eisenbahnerin im Betriebsdienst
EiB/F	EiB, Fachrichtung Fahrweg
EiB/LT	EiB, Fachrichtung Lokführer und Transport
ESTW	Elektronisches Stellwerk
Fdl	Fahrdienstleiter (gehört zum Stellwerkpersonal)
IRT	Item-Response-Theorie
KMK	Kultusministerkonferenz
Stw	Stellwerk
Tf	Triebfahrzeugführer (gehört zum Zugpersonal)
TP	Transportleitung
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V., Köln

<i>Abkürzung</i>	<i>Bedeutung</i>
VO 2004	Verordnung über die Berufsausbildung zum EiB vom 15.7.2004 (BGBl. I Jahrgang 2004, Teil I, Nr. 36)
ZES	Zentrale Einschaltstelle

Kapitel 1

Einleitung

Seit 2008 (BIBB, 2013) werden nach ca. 10-jähriger Pause wieder flächendeckend Eisenbahner/Eisenbahnerinnen im Betriebsdienst für Tätigkeiten auf Stellwerken ausgebildet. Die Ausbildungsbetriebe und die betroffenen Berufsschulen müssen sich personell und fachlich auf diese neue Situation einstellen. Um diesen für Novizen mehrjährigen Einstieg in die sicherheitsrelevante Ausbildung zukünftig zu erleichtern und die Fachdidaktik *sensu* Pätzold und Reinsch (n. d.) zu bereichern, soll erstmalig eine fachlich umfassende, praxisnahe und theoretisch fundierte Ausbildungssoftware für auszubildende Fahrdienstleiter¹ (vgl. Forderung des KIBB, 2003, S. 8) sowie Ausbilder, Trainer und Berufschullehrer (vgl. Kritikpunkte bei Deitmer, n. d., S. 387, Bauer, n. d. b und Lempert, 1998) entwickelt werden. Hierfür sind vor allem die aktuellen fachlichen Ausbildungsinhalte, die in dem rechtlichen Ausbildungsrahmen für zwei verschiedene Fachrichtungen identisch formuliert sind, zu überarbeiten und die Rahmenbedingungen sowie die notwendigen Fachkompetenzen zu analysieren. Diese a priori ermittelten Kompetenzen sollen in einem Kompetenzmodell abgebildet und zur empirischen Überprüfung vorbereitet werden. Analoge Forschungen werden zurzeit vor allem an den zahlenmäßig stark vertretenen gewerblich-technischen und kaufmännischen Berufsausbildungen betrieben (vgl. z. B. Retelsdorf et al., n. d.; Gschwendtner, Geißel und Nickolaus, n. d., S. 259), z. B. auch für das *Berufsschul-Pisa* (Winther, 2009; Baethge, n. d.; DIPF, 2011). Parallel zu der Vorbereitung des Kompetenzmodells sollen auch Basisitems, aus denen Items abgeleitet werden können, zur empirischen Überprüfung entwickelt werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist, am Beispiel des Ausbildungsberufes Eisenbahner im Betriebsdienst, Fachrichtung Fahrweg, (EiB/F) durch die Überarbeitung der Fachinhalte und die Entwicklung einer Ausbildungssoftware sowie a priori Beiträge für ein Kompetenzmodell (vgl. Sampson und Fyrtos,

¹Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird im Text die männliche Form gebraucht. Die weibliche Form ist dabei selbstverständlich eingeschlossen.

n. d., S. 166-174) in einem sicherheitsrelevanten Ausbildungsberuf mit geringen Ausbildungszahlen² zu erbringen. Als Nebeneffekt wird ein Beitrag zur curricularen Entwicklung sowie zur Fachdidaktik geleistet und mit einer einfach strukturierten Ausbildungssoftware eine zügige Einarbeitung für Auszubildende, Ausbilder, Trainer und Lehrer ermöglicht.

Das folgende Kapitel definiert wichtige Begriffe dieser Arbeit und gibt einen Überblick über den Beruf EiB. Einige Rahmenbedingungen der EiB/F-Ausbildung werden in dem dritten Kapitel dokumentiert. Das vierte Kapitel legt die Überarbeitung der Ausbildungs-Fachinhalte, die entwickelten Basisitems sowie die Vorbereitung des Kompetenzmodells zur empirischen Untersuchung dar. Im fünften Kapitel wird das Design der Ausbildungssoftware aufgezeigt. Die Untersuchung zur Usability der Ausbildungssoftware wird im sechsten Kapitel beschrieben. Abschließend fassen die Kapitel 7 und 8 die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen und geben einen Ausblick im größeren Rahmen.

²2012 wurden in Deutschland 237 Ausbildungsverträge EiB/F neu geschlossen. Am 31.12.2012 gab es insgesamt 582 EiB/F-Auszubildende (BIBB, 2013)

Kapitel 2

Definitionen und beruflicher Rahmen

Dieses Kapitel definiert einige in dieser Arbeit verwendete Begriffe (Abschnitt 2.1) und gibt einen Überblick zum Beruf EiB (Abschnitt 2.2).

2.1 Definitionen

Die Definitionen sind in diesem Abschnitt alphabetisch geordnet.

Definition 1 *Adaptivität im Sinne von Leutner (n. d.a) bezeichnet nach Niegemann et al. (2008, S. 627)*

„... das Ausmaß, in dem sich eine Lernumgebung an unterschiedliche Bedingungen (Lernermerkmale, Lernfortschritte, Interessen etc.) anpasst.“

Definition 2 *Animationen bzw. Computeranimationen nach Bétrancourt und Tversky (2000, S. 313) bzw. Bétrancourt (n. d., S. 288) beziehen sich auf*

„... any application which generates a series of frames, so that each frame appears as an alteration of the previous one, and where the sequence of frames is determined either by the designer or the user“

bzw.

jede Anwendung, die eine Bildreihenfolge erzeugt, bei der jedes Einzelbild als Abänderung des vorangegangenen erscheint und die Bildreihenfolge entweder von dem Entwickler oder dem Nutzer bestimmt wird.

Definition 3 *Ausbildungsexperten in dieser Arbeit sind*

Ausbilder, Berufsschullehrer und Trainer mit Expertise im Sinne von Süß (n. d., S. 256).

Definition 4 *Die Grundstufe umfasst in dieser Arbeit*

das erste und zweite Ausbildungsjahr.

Definition 5 *Interaktivität bezeichnet nach Niegemann et al. (2008, S. 295, S. 640)*

„... das Ausmaß, in dem eine Lernumgebung Interaktionen ermöglicht und fördert.“

Interaktionen sind nach Niegemann et al. (2008, S. 640)

„... das wechselseitig handelnde aufeinander Einwirken zweier Subjekte.“

Definition 6 *Kognitive Prozessdimensionen nach (Anderson und Krathwohl (2002, S. 214) sind*

„... Remember... Understand... Apply... Analyze... Evaluate... Create...“

bzw.

erinnern, verstehen, anwenden, analysieren, evaluieren (beurteilen, bewerten) und (er-)schaffen (entwickeln)

(vgl. Meyer, Hertnagel und Weber, 2009, S. 41; Breuer, n. d., S. 195).

Definition 7 *Kompetenzen nach Weinert (zit. nach Hartig und Klieme, n. d., S. 128) sind*

„... kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen, die sich funktional auf bestimmte Klassen von Situationen und Anforderungen beziehen. Diese spezifischen Leistungsdispositionen lassen sich auch als Kenntnisse, Fertigkeiten oder Routinen charakterisieren...“

Definition 8 *Kognitive Fähigkeiten sind komplex nach van Merriënboer (1997, S. 19), wenn*

„... (1) they comprise a set of constituent skills, and (2) at least some of those constituent skills involve conscious processing...“

bzw.

sie mehrere konstitutive Teilfähigkeiten umfassen und zumindest einige davon bewusst verarbeitet werden

(vgl. Schott, n. d., S. 53).

Definition 9 Die **Komplexität** von Informationen (bzw. Lerninhalten) liegt nach Sweller (n. d.a, S. 23) vor

„... when learners are required to process many interacting elements simultaneously“

bzw.

durch die gleichzeitige Verarbeitung vieler interagierender Elemente.

Sie steigt nach Elen und Clark (n. d., S. 1 f.) bzw. Weth (n. d., S. 125) an

„... when it has (1) an increasing number of elements; and/or (2) more relationships between elements; and/or (3) more diverse relationships between elements; and/or (4) more changes over time in elements, relationships and interrelationships between elements“

bzw.

mit steigender Elementanzahl, zunehmender Elementvernetzung, „Intransparenz“ und „Eigendynamik“

(vgl. auch Kremer, Melke und Sloane, n. d., S. 105).

Definition 10 **Konstitutive Teilfähigkeiten** komplexer kognitiver Fähigkeiten nach van Merriënboer (1997, S. 90-93) sind

*„... **recurrent** when they must be performed as rule-based processes after the training. ... skills that are critical, in terms of danger to life, ... will typically be ... recurrent. ... **Non-recurrent** skills must be performed as schema-based processes ... after the training“*

bzw.

*bei regelbasierten oder kritischen Prozessen **rekurrierend** oder bei schematabasierten **nicht-rekurrierend**.*

Definition 11 *Lehren* ist nach Arnold (n. d., S. 31)

„... das didaktisch geplante und damit auf systematischen Wissens- und Könnenserwerb von Schülern gerichtete Handeln einer Lehrperson im Unterricht. . . Lehrfunktionen können auch von didaktischen – und somit von „Lehrern“ gefertigten – Materialien übernommen werden (Lehrtexte, Multimedia-Lernprogramme).“

Definition 12 *Lernen* aus kognitionspsychologischer Sicht ist nach Leutner (n. d.a, S. 116) bzw. Leutner (n. d.b, S. 289) der

„... individuelle Prozess des Erwerbs und der Veränderung von Wissen, von Fertigkeiten und von Einstellungen. . .“

Definition 13 *Selbstreguliertes Lernen* nach Weinert (1982, S. 102) bzw. Sackmann (n. d., S. 276) ist

„... eine Lernform, die es dem Lernenden ermöglicht, die wesentlichen Entscheidungen, ob, was, wie und woraufhin er lernt, gezielt und weitreichend zu beeinflussen.“

Definition 14 Eine *Simulation* nach Rieber (n. d., S. 564) ist

„A computer program that models some phenomenon or activity and is designed to have participants learn about the phenomenon or activity through interaction with it. Participants usually have a defined role in the simulation“

bzw.

„ein Computerprogramm, das Phänomene oder Aktivitäten modelliert und das dafür vorgesehen ist, dass Nutzer durch Interaktionen etwas über diese Phänomene und Aktivitäten lernen. Die Rolle der Lernenden in einer Simulation ist im Allgemeinen festgelegt“

(vgl. auch Niegemann et al., 2008, S. 655).

Definition 15 *Usability*

1. nach den DIN-EN-ISO-Normen 9241-11 bzw. -110 (ISO, 1996, S. 2) ist

„... the extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in an specified context of use“

bzw. nach Niegemann et al. (2008, S. 286, S. 420 f.) oder Duckwitz und Leuenhagen (n. d., S. 37)

„... das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen. Sie besitzt die Unterkriterien Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit.“

2. nach Nielsen (1993a, S. 26)

„... has multiple components and is traditionally associated with these five usability attributes: Learnability, Efficiency, Memorability, Errors, Satisfaction“

bzw.

„... hat multiple Komponenten und ist üblicherweise mit den fünf Usability-Eigenschaften Learnability, Effizienz, Memorierbarkeit, Fehler und Zufriedenheit assoziiert.“

Definition 16 *Wissensarten nach Petschenka, Ojstersek und Kerres (n. d., S. 4) sind*

deklarativ, prozedural oder kontextuell

(vgl. auch Krathwohl, 2002, S. 214; Anderson, 2013; Issing, n. d., S. 153; Kluge und Haider, 1990; Meyer, Hertnagel und Weber, 2009, S. 44).

2.2 Überblick zum Beruf EiB

Abschnitt 2.2.1 leitet persönliche Anforderungen aus dem Berufsbild des EiB ab und zeigt die Bedeutung der Richtlinien auf, Abschnitt 2.2.2 gibt den rechtlichen Rahmen für die Ausbildung zum EiB an und Abschnitt 2.2.3 beschreibt das betrachtete Ausbildungsmodell und die Ausbildungsexperten.

2.2.1 Berufliche Anforderungen

Der EiB arbeitet zumeist in sicherheitsrelevanten Tätigkeiten alleine; entweder im Schicht- (EiB/F) oder im Wechseldienst (EiB/LT). Dies setzt eine hohe Selbstständigkeit und Verantwortungsbewusstsein voraus, denn bei Fehlhandlungen können Unfälle, Lebens- oder Betriebsgefahren sowie hohe Kosten entstehen. EiB müssen auch in komplexen Situationen auf relevante Details achten und schnell richtige Entscheidung fällen. Um dies zu gewährleisten, existieren sogenannte Richtlinien, die situative Handlungen detailliert vorschreiben. Die vorgeschriebene Umsetzung erfordert ein besonderes Maß an Disziplin. Tritt mehr als eine Störung oder Fehlhandlung gleichzeitig auf, sind die Handlungsvorgaben der Richtlinien nicht mehr konsistent, was in der Praxis zu schweren Unfällen oder Betriebsgefahren führen kann.

2.2.2 Rechtlicher Ausbildungsrahmen

Der dreijährige Ausbildungsberuf des EiB mit den Fachrichtungen Fahrweg (EiB/F) für Stellwerktätigkeiten (Fdl¹) und Lokführer/Transport (EiB/LT) für fahrzeugbezogene Tätigkeiten (Tf²) ist als Beruf im dualen System in der Verordnung über die Berufsausbildung zum Eisenbahner im Betriebsdienst vom 15.7.2004 (vgl. BGBl Jahrgang 2004, Teil I, Nr. 36), kurz VO 2004, geregelt. Der Ausbildungsrahmenplan beschreibt die betrieblichen Ausbildungsinhalte und ist in der VO 2004 integriert. Der Rahmenlehrplan ist am 30.4.2004 von der Kultusministerkonferenz beschlossen worden und bildet die berufsschulische Ausbildungsgrundlage.

2.2.3 Regelausbildungsmodell und Ausbildungsexperten

Neben der Regelausbildung existieren noch weitere Ausbildungsmodelle. Schüler mit Hochschulzugangsberechtigung können z. B. in etwa vier Jahren den EiB/F-Berufs- zusammen mit einem Fachwirt-Abschluss erlangen (DB, 2012a; DB, 2012b). In dieser Arbeit wird fortan nur die dreijährige Regelausbildung (ohne Verkürzung) zugrunde gelegt.

Momentan wird die EiB/F-Ausbildung in Deutschland fast ausschließlich von der DB Netz AG³ angeboten⁴. Das erforderliche singuläre Spezial- und Handlungswissen wird am Arbeitsplatz, in der Berufsschule und von einem innerbetrieblichen Theorieausbilder in dualer Ausbildung vermittelt. Von 195 bundesweit im Jahr 2010 geschlossenen Ausbildungsverträgen für EiB/F nahmen an der IHK-Abschlussprüfung 108 EiB/F (Erfolgsquote: ca. 95 %) teil (BIBB, 2013). An mindestens acht von insgesamt 16 EiB-ausbildenden Berufsschulstandorten⁵ werden EiB/F unterrichtet, wodurch die Abschlussklassenstärke in 2010 durchschnittlich zwischen 14 und 24 Schülern betrug. Manche Berufsschulen bilden aufgrund der geringen Schülerzahl v. a. im ersten Ausbildungsjahr zur fachlichen Grundlagenvermittlung gemischte EiB-Klassen. Neben den Fachinhalten im ersten Ausbildungsjahr ist auch die IHK-Zwischenprüfung für beide Fachrichtungen identisch.

In der IHK-Abschlussprüfung wird nach den beiden Fachrichtungen und in der Fachrichtung EiB/F nach der Stellwerktechnik unterschieden. Ein inhaltliches Hauptziel der Ausbildung ist, die Handlungen der EiB exakt, zügig und sicher im Rahmen der Richtlinien (vgl. Abschnitt 2.2.1) umzusetzen.

Dieser Rahmen zur Regelausbildung und der Abschnitt 2.2.1 gebieten,

¹Fdl: Fahrdienstleiter

²Tf: Triebfahrzeugführer

³DB AG: Deutsche Bahn Aktienges.

⁴Stand 19.12.2013

⁵EiB-Berufsschulstandorte: Baden-Württemberg (Ettlingen, Esslingen/Zell), Bayern (München, Nürnberg), Berlin, Hamburg, Hessen (Frankfurt a. M., Fulda), Niedersachsen (Burgdorf-Lehrte), Nordrhein-Westfalen (Hagen, Duisburg, Köln), Rheinland-Pfalz (Lahnstein), Saarland (Homburg/Saar), Sachsen (Chemnitz), Sachsen-Anhalt (Halle)

dass alle Ausbildungsexperten über die notwendigen Kompetenzen verfügen und fachlich besonders gut informiert sein müssen (vgl. auch Allgäuer, 1997, S. 24; Neuweg, n. d., S. 27 f.; Baumert und Kunter, 2006; Ruch, Schwarzkopf und Zöller, n. d., S. 130; Rauner und Heinemann, n. d., S. 221). Blömeke (n. d., S. 124) postuliert zwischen dem „fachdidaktischen Wissen“ des Lehrers und „Schülerleistungen bzw. Lehrerhandeln“ einen „konsistent positiven Zusammenhang“. Fehlendes Domänenwissen ist jedoch nicht durch effektive Selbstregulation kompensierbar (vgl. Zlatkin-Troitschanskaia und Minnameier, 2010, S. 7; Stern, n. d.). Corno und Randi (n. d., S. 298) sowie Lieberman (1995) betrachten den Ausbildungsexperten als aktiv Lernenden. Nur wenn der Lernende ein Problem sehr gut verstanden hat, kann er dies praktikabel lösen (Furtado et al., n. d., S. 72; Schön, 1987).

An manchen Berufsschulen werden Eisenbahn-Praktiker als Theorievermittler gewonnen⁶. Da es kein eisenbahnspezifisches Lehramt gibt und Lehrer nur selten EiB/F-Praxiserfahrung haben, müssen sie sich in diese Domäne mehrjährig einarbeiten. Aufgrund der notwendigen fachlichen Anforderungen und der angestiegenen EiB/F-Ausbildungszahlen in 2008 besteht seit Jahren bundesweit ein Lehrermangel bei gleichzeitig schwierigeren Übergängen von Schülern in das Erwerbsleben (Friedemann und Schroeder, 2000, Bojanowski und Ratschinski, n. d.). Ähnlich ist die Situation in der Ausbildung von Fluglotsen.

⁶Die Berufsschulen in Baden-Württemberg stellen Praktiker ein. In anderen Berufsschulen unterrichten nur vereinzelt oder zeitweise Ausbildungsexperten mit Praxiserfahrung (z. B. in Burgdorf-Lehrte, München, Nürnberg und Hagen). Stand: 19.12.2013.

Kapitel 3

Überarbeitung des Ausbildungsrahmens

In diesem Kapitel wird das erste Expertentreffen des *Arbeitskreises Ausbildung EiB* zur Ermittlung wichtiger Rahmenbedingungen beschrieben. Hineinander werden die Ziele und das Untersuchungsdesign mit der psychometrischen Güte (Abschnitt 3.1), die Vorbereitung und die Durchführung (Abschnitt 3.2) sowie die Ergebnisse (Abschnitt 3.3) dargelegt. Ab hier wird in dieser Arbeit nicht mehr die Ausbildung der EiB/LT betrachtet.

3.1 Ziele, Methodik und psychometrische Güte

Bei dem ersten Expertentreffen¹ soll das Berufsbild abgegrenzt und auf der Basis des Status Quo und zukunftsbezogen hinterfragt werden (Kessels und Smit, n. d., S. 116-120). Im Detail soll, ausgehend von erwarteten beruflichen Anforderungen der ausgebildeten Fachkräfte, ein Anforderungskatalog für Auszubildende zusammengestellt, Hinweise für Ausbildungsexperten aufgenommen und Hinweise zu Auszubildenden dokumentiert werden.

Im Unterschied zu einer Befragung ist durch ein Treffen ein besserer fachlicher Austausch möglich und es gibt kein Problem mit der Rücklaufquote. Nachteilig sind die höheren Kosten im Verhältnis zu dem nur wenige Stunden dauernden Expertentreffen und die geringe Zahl an Experten. Aufgrund der unternehmensinternen Richtlinien der DB AG zur Einstellung von EiB-Auszubildenden ist gesichert, dass grundsätzlich gleiche Regelungen berücksichtigt werden. Ein Vertreter von Nicht-DB-Ausbildungsunternehmen wurde eingeladen, jedoch ist die Teilnahme am Expertentreffen aufgrund der geringeren EiB-Ausbildungszahlen von untergeordneter Bedeutung. Eine Stichprobenauswahl für die Teilnehmer entfällt daher.

¹Experten sind hier Ausbildungskoordinatoren mit rechtskräftiger Einstellungsbefugnis für Auszubildende.

Zum Beginn des Expertentreffens wird das benötigte Arbeitsmaterial (vgl. Anhang G) allen Teilnehmern zur Verfügung gestellt. Während des Treffens sind alle Inhalte in der Gesamtgruppe gemeinschaftlich besprochen worden. Der Leiter hat das Treffen nur moderiert sowie alle Ergebnisse wertungsfrei und detailliert notiert. Ergebnisse ohne einstimmigen Konsens gelten als subjektiv und werden verworfen. Die Durchführungsobjektivität wird durch die festgelegten Verfahrensregeln, die Auswertungs- und Interpretationsobjektivität hingegen durch Äquivalenz² gewahrt (Musekamp, n. d., S. 45).

Durch Anwendung eines bewährten Schemas (Klug, 2012) werden die beruflichen Anforderungen an EiB-Fachkräfte und -Auszubildende von den Teilnehmern reliabel ermittelt. Die Abgrenzung des gesamten Berufsbildes basiert nur auf den individuellen Einschätzungen der Teilnehmer und ist damit nicht reliabel. Reliable Kerntätigkeiten basieren auf den Richtlinien. Die zukunftsbezogene Hinterfragung integriert Änderungswünsche aller Ausbildungspartner, und zwar neben den teilnehmenden auch nichtbeteiligten, indem vor dem Expertentreffen deutschlandweit Ausbildungsexperten zu Änderungswünschen aufgerufen und an Universitäten Entwicklungen und Trends erfragt wurden. Damit wird die zukunftsbezogene Hinterfragung reliabel. Die typischen Auszubildendenmerkmale basieren hingegen nur auf den individuellen Einschätzungen der teilnehmenden Experten und sind damit nicht reliabel. Die nicht-reliablen Ergebnisse müssen als unvollständige Einschätzung betrachtet werden.

Für die Bereiche Reisezugverkehr, Güterzugverkehr und Stellwerkpersonal ist mindestens je ein Ausbildungs koordin ator mit Einstellungskompetenz für EiB-Auszubildende und zur inhaltlich-informellen Mitwirkung mindestens je ein Vertreter der firmeninternen Theorieausbildung und der Berufsschulen notwendig. Hiermit werden die Einschätzungen der Experten valide.

3.2 Durchführung des ersten Expertentreffens

Im Vorfeld des ersten Expertentreffens sind Informationen zur Ausbildung (statistische Daten des BIBB, 2011a, Stellenangebote und verwandte Berufe bzw. Tätigkeiten) und zur einschlägigen Theorie (Definitionen, Kognitionsmodelle, Kompetenzen, in der Praxis verwendete Kompetenzmodelle; zur Aufgabenanalyse vgl. Rowland und Reigeluth, n. d., S. 121-124) für die Teilnehmer zusammengestellt worden (vgl. Anhang G).

Zum 5.1.2012 sind vier Nürnberger Ausbildungs koordin atoren bzw. Fachexperten mit Einstellungsbefugnis für Auszubildende (die DB Schenker Rail Deutschland AG, die DB Regio AG, Regio Franken, und die Internationale Gesellschaft für Eisenbahnverkehr als Ausbildungsbetriebe für EiB/LT und

²Äquivalenz: Korrelation bzw. Übereinstimmung der Einschätzung mehrerer Personen (Musekamp, n. d., S. 45)

die DB Netz AG als Ausbildungsbetrieb für EiB/F), zwei Nürnberger Berufsschullehrer und ein Vertreter der unternehmensinternen Theorieausbilder (DB Training und Learning & Consulting) ortsnahe eingeladen worden. Vertreter der DB Fernverkehr AG (Ausbildungsbetrieb für EiB/LT) wurden nicht eingeladen, weil hierdurch grundsätzlich keine abweichenden Sichtweisen zu erwarten sind. Der eingeladene Vertreter der Nicht-DB-Verkehrsbetriebe war an der Teilnahme verhindert.

Nach der Begrüßung der Teilnehmer wurden die Ziele des ersten Expertentreffens dargelegt. Das zweite Expertentreffen zur Erarbeitung von Fachinhalten wurde angekündigt und die Ergebnisse beider Expertentreffen als Beitrag für die Fachdidaktik benannt. Eine mögliche Auswirkung beider Expertentreffen auf eine leichtere Vermittlung von umfassenden und fundierten fachlichen Inhalten, eine zügigere Einarbeitung von zukünftigen Ausbildungsexperten, die curriculare Entwicklung und die Entwicklung eines domänenbezogenen Kompetenzmodells wurde genannt. Nach einem kurzen Vortrag zu einigen theoretischen Aspekten bzw. Grundlagen (z. B. Kompetenzschemata, Definitionen), um die Aufmerksamkeit der überwiegend nicht-akademischen Teilnehmer auch auf theoretische Betrachtungsweisen zu lenken, folgten Informationen zu Ausbildungszahlen (BIBB, 2011a) und Stellenanzeigen. In der Erarbeitungsphase diskutierten die Teilnehmer auf der Grundlage der ausgehändigten Materialien, dem kurzen Vortrag, dem aktuellen Stand und den möglichen zukünftigen Entwicklungen über das Berufsbild sowie die beruflichen Anforderungen von Fachkräften und Auszubildenden. Danach sind Lernvoraussetzungen von Auszubildenden besprochen und Hinweise für Ausbildungsexperten konzipiert worden.

Über die Beiträge wurde ein Protokoll erstellt und den Teilnehmern nach dem Treffen zur Information mit dem Hinweis zugeleitet, dass die Ergebnisse der beiden Expertentreffen in ein Gesamtergebnis als Beitrag zur Fachdidaktik fließen und dem BIBB³ zugeleitet werden.

3.3 Überarbeiteter Ausbildungsrahmen

Die Ergebnisse des ersten Expertentreffens werden gruppiert nach beruflichen Anforderungen an Fachkräfte (Abschnitt 3.3.1), Erkenntnissen für die Ausbildung (Abschnitt 3.3.2) sowie einigen Grenzen der Ausbildungsstruktur (Abschnitt 3.3.3) dargestellt.

3.3.1 Anforderungen an Fachkräfte

Die Experten haben einvernehmlich die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten in Kern- und Randbereiche unterteilt. Die besprochene Auflistung

³BIBB: Bundesinstitut für Berufliche Bildung

ist nicht abschließend. Der Kernbereich wurde v.a. durch Kenntnisse bzw. Fähigkeiten einhellig auf folgenden Gebieten umrissen (vgl. Anhang A):

- Richtlinien kennen und umsetzen können,
- Regelbetrieb kennen und durchführen können sowie
- Verhalten bei Unregelmäßigkeiten (gemäß Richtlinien) kennen und umsetzen können.

Als besonders wichtige Kernfähigkeiten sind die korrekt nach Richtlinien auszuführenden Handlungen zur Gewährleistung der Sicherheit im Betriebsdienst genannt worden. Als Randbereich wurde von den Experten v.a. das technische Verständnis angesehen.

3.3.2 Erkenntnisse für die Ausbildung

Die ermittelten Inhalte sind nicht abschließend, aber einvernehmlich diskutiert und fixiert worden (vgl. Anhang A). Nachfolgend sind nur die Ergebnisse, die im Rahmen dieser Arbeit relevant sind, aufgeführt.

Eine Abgrenzung zu anderen Berufen bzw. Tätigkeiten ist wegen der Überschneidung von Tätigkeitsfeldern schwierig. Andererseits gibt es trotz gleicher Kernbereiche aufgrund der verschiedenen Einsatzgebiete deutliche Unterschiede innerhalb des Berufsbildes des EiB (KIBB, 2003, S. 28).

Die Experten haben die Anforderungen an Fachkräfte auch für die Ausbildung übernommen. Der Anforderungskatalog ergibt sich direkt daraus.

Neben Hinweisen zu den Auszubildenden bzw. Hilfen für Ausbildungsexperten haben die Experten auch Hinweise zu der Lernorganisation angegeben.

Hinweise zu den Auszubildenden

Die aufgeführten Einschätzungen berücksichtigen weitgehend die Besonderheiten der primären Altersgruppe (vgl. Tulodziecki, 1996, S. 48-83; Neuenchwander, 2005, S. 127; Euler, Holz und Zimmer, 1992, S. 86 f.).

- Wünschenswert ist ein guter bzw. qualifizierter Hauptschul- oder ein mittlerer Schulabschluss als Eingangsvoraussetzung.
- Die Gruppen bestehen zu etwa 50 % bis 60 % aus Auszubildenden mit bereits mindestens einem erworbenen Beruf. Diese Teilgruppe dürfte zukünftig noch zunehmen.
- Aktuell liegt der Anteil der Frauen bei etwa 10 % mit z.T. starker Varianz. Ein höherer Anteil von Frauen ist erwünscht.
- Oft sind Gruppenbildungen nach den Betrieben und entsprechend der fachlichen Vorkenntnisse (viel, etwas oder keine) zu beobachten.

- Bei Auszubildenden mit bereits abgeschlossenem Beruf ist die Lernbereitschaft besonders hoch.
- Mit Ausnahme des zweiten Ausbildungsjahres ist das Lernklima gut.
- Naturwissenschaftliche Grundkenntnisse fehlen oft ganz (z. B. Physik). Fachspezifische Grundkenntnisse fehlen fast komplett.
- Kreativität ist eher hinderlich, da Richtlinien einzuhalten sind.
- Auszubildende bringen manchmal falsches Vorwissen in die Ausbildung mit. Die Selbstüberschätzung führt dann oft zu Akzeptanzproblemen bzgl. fachlicher Inhalte. Das unterschiedliche Vorwissen führt meist zur Gruppenbildung. Einer Ab- oder Ausgrenzung ist vorzubeugen.
- Auszubildende mit einer höheren Eingangsqualifikation dürfen nicht den Punkt verpassen, ab dem der Lernvorgang einsetzen muss.
- Große Defizite liegen im Bereich der Metakognition vor.
- Bei schlechten Leistungen werden oft die Ursachen extern gesucht. Die Reflexionsfähigkeit sollte gestärkt werden.
- Die Auszubildenden kennen bereits notwendige Methoden und können komplexe Probleme lösen.
- Bei möglichen Sprach- oder Verständnisproblemen (z. B. bei einer anderen Muttersprache) ist auf das richtige Verständnis der Richtlinien zu achten.

Die Lernmotivation, die Motivationslagen, die Anstrengungsbereitschaft und persönliche Ziele schätzten die Experten unterschiedlich ein („keine besonders hohe Motivation“ und „eine erkennbare hohe Motivation“). Auch Nickolaus und Wuttke (n. d., S. 170) haben bei ihrer Untersuchung in kaufmännischen und gewerblich-technischen Ausbildungen keine einheitlichen Ergebnisse zur Motivationsentwicklung feststellen können.

Hinweise zu der Lernorganisation

Die Experten haben folgende Inhalte zum Lernen besprochen.

- Strategien für das selbstregulierende Lernen müssen vermittelt werden.
- Die Lernstrategien sind oft bereits alters-, erfahrungs- bzw. bildungsabhängig gut ausgeprägt.
- Die notwendigen Kenntnisse bzw. Fähigkeiten für den Einsatz als Fachkraft sind anzustreben (vgl. Abschnitt 3.3.1). Das Verständnis für Einsatzbereiche des EiB/LT soll erreicht und Einblicke in dessen Tätigkeiten gegeben werden.

- Abweichungen von den Richtlinien sind zu vermeiden.
- Reaktionen auf Unregelmäßigkeiten, die über die Richtlinien hinaus gehen, sollten aufgrund der Überforderung bzw. des zu hohen Zeitbedarfs kein Bestandteil der Ausbildung sein.
- Fast alle Fachinhalte sind stark domänenspezifisch.
- Es existiert oftmals ein hinderliches Wissen bzw. falsche Vorstellungen oder ein falsches Vorwissen. Beispiele sind die Gewichtsübertragung (falsch: über den Drehzapfen), die Funktionsweise der Zahnradpumpe oder der Kenntnissumfang anderer EiB-Tätigkeitsbereiche.
- Das zu vermittelnde kognitive Wissen ist komplex.
- Als **hierarchisch abhängiges Wissen** bzw. Fähigkeiten sind anzusehen: Grundlagenwissen → Regelbetrieb durchführen → richtige Reaktion auf Unregelmäßigkeiten gemäß Richtlinien → richtige Reaktion auf Unregelmäßigkeiten (außerhalb der Richtlinien).

3.3.3 Grenzen der Ausbildungsstruktur

Aufgrund der geringen Anzahl neu geschlossener Ausbildungsverträge und der Synergieeffekte durch einen Überblick über den gesamten Betriebsdienst ist eine Trennung der EiB/LT und EiB/F in zwei getrennte Ausbildungen nicht empfehlenswert. Wegen der inhaltlichen Unterschiede zwischen beiden Fachrichtungen, die bereits ab dem Beginn des 2. Ausbildungsjahres eintreten, wäre eine Trennung in zwei fachliche Spezialbereiche mit einem gemeinsamen Allgemein- und Grundlagenteil bereits in der Zwischenprüfung empfehlenswert. Eine Alternative wäre eine gemeinsame und einheitliche Zwischenprüfung zum Ermitteln der grundlegenden Anforderungen gegen Beginn des zweiten Ausbildungsjahres.

Die Ergebnisse des ersten Expertentreffens bilden höchstwahrscheinlich eine wichtige Grundlage für die Konzeption der Ausbildungssoftware (Pershing und Lee n. d., S. 2-3; Niegemann et al. 2008, S. 97-98), denn Nickolaus und Wuttke (n. d., S. 169) haben für kaufmännische und gewerblich-technische Ausbildungen zeigen können, dass kognitive Schülermerkmale den Grad des Lernerfolges stark beeinflussen.

Kapitel 4

Fachinhalte und Kompetenzmodelle

In diesem Kapitel wird primär das zweite Expertentreffen des *Arbeitskreises Ausbildung EiB* beschrieben, durch das die Fachinhalte umfassend und praxisnah überarbeitet werden, indem eine stärkere Orientierung an der Berufspraxis und an den Richtlinien erfolgt. Die Fachinhalte werden klassifiziert und Handlungsfeldern zugeordnet (Reinhold und Howe, n. d., S. 76), Basisitems darauf aufbauend entwickelt sowie ein Kompetenzmodell vorbereitet.

Abschnitt 4.1 beschreibt und bewertet relevante Gliederungen der Fachinhalte und das VDV-Schema¹ zur Lernzielformulierung. Allgemeine theoretische Aspekte und der Forschungsstand zu Kompetenzmodellen v. a. hinsichtlich beruflicher Erstausbildungen sind in den Abschnitten 4.2 bzw. 4.3 und die Ziele, die Methoden sowie die psychometrische Güte der Überarbeitung sind mit Grundlagen für Komplexitätsbetrachtungen zu Tätigkeiten bzw. Basisitems in dem Abschnitt 4.4 dargelegt. Die Abschnitte 4.5 und 4.6 zeigen die Vorbereitungen und die Durchführung des zweiten Expertentreffens auf, während Abschnitt 4.7 die Ergebnisse des zweiten Expertentreffens darlegt.

4.1 Status Quo der Fachinhaltsgliederungen

Die curricularen und betrieblichen Fachinhalte entsprechend des aktuellen rechtlichen Ausbildungsrahmens sind in Abschnitt 4.1.1 in chronologischer Entwicklung umrissen und beurteilt. Analog stellen der Abschnitt 4.1.2 die Erläuterungen von Pütz (1999) zu dem rechtlichen Ausbildungsrahmen, der Abschnitt 4.1.3 den Stand verallgemeinerter Inhalte didaktischer Jahresplanungen bzw. Stoffverteilungspläne und der Abschnitt 4.1.4 weitere Ansätze zu der Fachinhaltsgliederung dar. In Abschnitt 4.1.5 wird das VDV-Lernzielformulierungsschema besprochen.

¹VDV: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V.

4.1.1 Curriculare und betriebliche Fachinhalte

Exkurs zur Genealogie des EiB

Die Angaben in diesem Exkurs basieren auf dem BIBB (2011b) und Berufsbildungspedia (2011).

Bis 1990 wurde bei der DR² der Facharbeiter im Eisenbahnbetrieb ausgebildet. 1990 hatte die DDR-Volkskammer beschlossen, das BBiG zu übernehmen, wodurch alle DDR-Berufsausbildungsregelungen aufgehoben waren. Am 14.8.1991 (mit einer Befristung bis zum 31.7.1997) ist der EiB erstmalig als Berufsbild für Ostdeutschland im Rahmen des Beitritts der neuen Bundesländer innerhalb von zwei Monaten geregelt und sofort umgesetzt worden³. Die Fachinhalte umfassten alle Tätigkeiten des Betriebspersonals in kleineren Bahnhöfen. Auch das Führen von Kleinloks und Fdl-Tätigkeiten gehörten dazu. Es gab keine Trennung in die Fachrichtungen LT und F.

Bis 1997 wurden bei der DB Tf nach einer abgeschlossenen technischen Ausbildung in einer eineinhalbjährigen Weiterbildung für eine Laufbahn ausgebildet und als Beamte im mittleren technischen Dienst beschäftigt. Fdl durchliefen eine Laufbahnausbildung als BAss (Bundesbahnassistent) und waren danach meist an mehreren Plätzen eingesetzt, ehe sie als Beamte im mittleren nichttechnischen Dienst auf Stellwerken tätig waren.

Am 2.4.1997 wurde der EiB für Gesamtdeutschland geregelt und umgesetzt⁴, weil die DR und die DB in der privatisierten DB AG aufgingen und die Laufbahnausbildungen damit nicht mehr umsetzbar waren. Inhaltlich wurden die Fachrichtungen LT und F unterschieden. In der Abschlussprüfung traten – nach alten und neuen Bundesländern getrennt – die Bereiche Betriebsdienst, Kundendienst und Technik auf.

Am 15.7.2004 ist der EiB in der aktuellen Variante geregelt und umgesetzt worden⁵, weil das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Jahr 2000 eine Evaluierung angeordnet hatte (KIBB, 2003, S. K-7, S. 1, S. 55). Die Fachrichtungen wurden beibehalten, während man Marketing und Technik zu großen Teilen aus der Ausbildung herausnahm. Die Verkehrsgeografie ist komplett entfallen. Das Qualitätsmanagement und die Logistik wurden aufgenommen. In Abschnitt 2.2.2 ist der rechtliche Ausbildungsrahmen als Grundlage für die individuellen Ausbildungspläne der Betriebe und die Lehrpläne mit den didaktischen Jahresplanungen bzw. berufsschulischen Stoffverteilungsplänen, die lokale Absprachen und Besonderheiten inkludieren, angegeben.

²DR: Deutsche Reichsbahn

³KMK-Beschluss vom 23.9.1991; BAnz Nr. 41a vom 28.2.1992; BGBl. I S. 1826

⁴BGBl. I vom 2.4.97 S. 752, aus Nr. 22 vom 9.4.97

⁵BGBl. I vom 15.7.2004 S. 1626, aus Nr. 36 (vom 20.7.2004) im Bundesanzeiger Jahrgang 56 Nr. 236a vom 11.12.2004

Beurteilung des rechtlichen Ausbildungsrahmens

Die Fachinhalte des rechtlichen Ausbildungsrahmens sind zu allgemein formuliert und es mangelt vor allem im Rahmenlehrplan an einem einfach strukturierten und an typischen Arbeitsabläufen in der Praxis orientierten Gesamtbild sowie an der deutlicheren Anbindung an die Richtlinien, was bereits an den Handlungsfeldbezeichnungen erkennbar ist (vgl. KMK, 2004, bzw. Anhang G). Im Detail tritt z. B. das Thema *Nachschieben* unverhältnismäßig stark und praxisfern in mehreren Lernfeldern in den Vordergrund. Ein Bezug zu fundiert ermittelten Kompetenzen besteht nicht. Insbesondere für zukünftige Ausbildungsexperten erschwert all dies die Einarbeitung, den fachlichen Gesamtüberblick und die Einschätzung der Komplexität und der Bedeutung in der Praxis. Indem die nach den Lernfeldern getrennte Struktur der Lehrpläne eingehalten werden muss, ist eine Optimierung der Inhalte zwischen den einzelnen Lernfeldern mit dem aktuellen Rahmenlehrplan nicht umsetzbar.

4.1.2 Pütz'sche Erläuterungen zu Ausbildungsinhalten

Pütz (1999) bezieht seine Erläuterungen auf den rechtlichen Ausbildungsrahmen von 1997. Er beschreibt detailliert Inhalte und gibt Hinweise für die Praxis. Beispielsweise konkretisiert Pütz (1999, S. 34) den Unterbuchstaben h (*stillstehende Fahrzeuge sichern*) der Nummer 6 (*Bilden und Fertigstellen von Zügen; Rangieren*) des Ausbildungsrahmenplans durch *abgestellte Züge, Zugteile, einzelne Fahrzeuge, Neigungsverhältnisse, Festlegemittel und Zuständigkeiten*. Auch Hinweise zur Prüfungsfragenerstellung und -bewertung (Pütz, 1999, S. 79 ff.) und Beispiele zu konkreten Unterrichtsinhalten (Pütz, 1999, S. 127 ff.) sind angegeben, beispielsweise zu *Störungen des Selbstblocks: Ausfahrsperrung gestört* (Pütz, 1999, S. 146).

Beurteilung der Pütz'schen Erläuterungen

Die Fachinhalte sind detailliert und praxisnah dargestellt. Die Erläuterungen beziehen sich allerdings nicht auf den aktuellen rechtlichen Ausbildungsrahmen und lassen sich nur in Teilbereichen auf diesen übertragen. Die Lernfelder könnten stärker strukturiert werden. Eine Angabe zur Einschätzung der Komplexität von Tätigkeiten fehlt. Die Anbindung an fundiert ermittelte Kompetenzen bleibt unklar. Die Erläuterungen sind nicht verbindlich.

4.1.3 Didaktische Jahresplanungen

Die Inhalte der an jeder Berufsschule individuell erstellten didaktischen Jahresplanung (bzw. des Stoffverteilungsplanes) haben einen unterschiedlichen Detaillierungsgrad. Im einfachsten Fall sind Begriffe aus dem Rahmenlehrplan aufgezählt. Die Berufsschulen in München und Nürnberg haben im

Schuljahr 2010/2011 ihre didaktischen Jahresplanungen verglichen und unverbindlich einen vereinigten Plan erstellt, der ausreichend Interpretationsmöglichkeiten für lokale Besonderheiten zulässt. Eine Erweiterung zu einem unverbindlichen Plan auf Bundesebene wurde vorgeschlagen, war jedoch aufgrund zu geringer Resonanz nicht umsetzbar.

Beurteilung der didaktischen Jahresplanungen

Aufgrund des fehlenden Detaillierungsgrades mancher didaktischer Jahresplanungen bzw. Stoffverteilungspläne sind diese nicht immer aussagekräftig oder gut strukturiert. Die Lernfelder müssen entsprechend des Rahmenlehrplanes umgesetzt sein. Die Komplexität von Tätigkeiten und die Kompetenzbasierung sind ungeklärt. Der einzige, lokal zwischen zwei Berufsschulen abgestimmte Plan ist unverbindlich.

4.1.4 Weitere Gliederungen der Fachinhalte

Neben rechtlichen Werken zur Gliederung der Fachinhalte existiert noch ein Anforderungskatalog des VDV.

Rechtliche Werke

Einige Rechtswerke (Europarecht, AEG⁶ und EBO⁷) beinhalten Passagen zu Fachinhalten, die als Grundlage zur Untergliederung betrachtet werden können.

Die Richtlinie 95/18/EG⁸ über die Erteilung von Genehmigungen an Eisenbahnunternehmen umreißt die Anforderungen, die fachliche Eignung und deren Bescheinigung für das Personal im Sicherheitsbereich der Eisenbahn (Hofmann, 1999). In Art. 8 (1) b und c wird gefordert, dass EiB „voll qualifiziert“ und Beschäftigte ein „hohes Sicherheitsniveau“ gewährleisten müssen. Das AEG schreibt in § 4 (1) vor,

„... den Betrieb sicher zu führen...“

Nach § 54 (1) der EBO sind den Betriebsbediensteten

„... Kenntnisse und Fertigkeiten zu vermitteln, die sie zur ordnungsgemäßen Ausübung ihres Dienstes befähigen.“

⁶ AEG: Allgemeines Eisenbahngesetz vom 27.12.1993; BGBl. I S. 2378 (2396) (1994, 2439), zuletzt geändert durch Art. 8 des Gesetzes vom 26.2.2008 (BGBl. I S. 215)

⁷ EBO: Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 8.5.1967; BGBl. 1967 II S. 1563, zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 25.7.2012 (BGBl. I S. 1703)

⁸ Richtlinie 95/18/EG vom 19.6.1995; vgl. Amtsblatt Nr. L 143 vom 27/06/1995 S. 0070-0074

Beurteilung der rechtlichen Werke: Die Aussagen in dem AEG, in der EBO und in der Richtlinie 95/18/EG sind zu ungenau und für die konkrete Gliederung der Fachinhalte nicht geeignet.

VDV-Anforderungskatalog

Der VDV (2007) hat einen Anforderungskatalog und Fachinhalte durch Konkretisierung des AEG und der EBO als Empfehlung erarbeitet. Darin sind auch Fachinhalte nach allgemeinen Kenntnissen (v. a. eisenbahnspezifische Grundlagen und Sicherheit im Eisenbahnbetrieb) und funktionsbezogen für verschiedene Tätigkeiten (z. B. für Fdl) unterschieden (VDV, 2007, S. 13, S. 26).

Beurteilung des VDV-Anforderungskataloges: Den fachsystematisch dargestellten Fachinhalten fehlen notwendige Details und die Praxisanbindung. Für Fdl ist z. B. unter *Durchführung des Bahnbetriebes* nur das *Regeln der Zugfolge im Zugmeldeverfahren* verzeichnet. Eine konkrete Darstellung des Zugmeldeverfahrens fehlt völlig. Es sind nur *Maßnahmen beim Abweichen vom Regelbetrieb* genannt. Das Verhalten bei Störungen oder Unregelmäßigkeiten wird nicht beschrieben, obwohl diese ein ganzes Ausbildungsjahr lang den Schwerpunkt bilden. Die funktionsbezogene Aufteilung der Fachinhalte nach Tätigkeiten widerspricht dem Ziel, funktionsübergreifende Kompetenzen und gegenseitiges Verständnis anzustreben. Der Bezug zu den Richtlinien und zu fundiert ermittelten Kompetenzen ist unklar. Die Komplexität der Fachinhalte ist ungeklärt. Der VDV-Anforderungskatalog ist unverbindlich.

4.1.5 VDV-Schema zur Lernzielformulierung

Der VDV (2007, S. 37 f.) hat mit einem speziellen, eisenbahnfachlichen Bezug auf ein Schema zur Lernzielformulierung hingewiesen. Darin werden folgende Komponenten unterschieden:

- wissen (kognitiv beherrschen, kennen, überblicken und beschreiben),
- verstehen (analysieren, begründen, beurteilen, bewerten, einordnen, einsehen, erfassen, erkennen, festlegen, feststellen, strukturieren, unterscheiden, vergleichen, verstehen und zuordnen) und
- anwenden (anwenden, ausüben, auswählen, beachten, praktisch beherrschen, berechnen, berücksichtigen, darstellen, durchführen, einleiten, einsetzen, einweisen, entwerfen, entwickeln, ermitteln, erstellen, fördern, führen, gewährleisten, kontrollieren, mitwirken, planen, sicherstellen, skizzieren, steuern, überprüfen, umsetzen, unterstützen, veranlassen, vermitteln, vorbereiten, vorschlagen und wahrnehmen).

Beurteilung des VDV-Lernzielschemas

Für diese VDV-Einteilung ist keine Fundierung bekannt. Womöglich ist diese rein intuitiv festgelegt. Eine genaue Definition der Begriffe ist nicht angegeben. Eine unbedenkliche Verwendung des VDV-Schemas ist daher nicht möglich, es liefert aber eine Möglichkeit zu einem fachspezifischen Abgleich mit den theoretisch fundierten Schemata.

4.2 Kompetenz: Lern- und Anforderungsperspektive

Nach Clement (2008, S. 8) können Kompetenzen aus der Lern- oder der Anforderungsperspektive betrachtet werden. Die Lernperspektive ist insbesondere beim Erwerb von Kompetenzen zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 5 und 6), während die Anforderungsperspektive v. a. bei diagnostischen Kompetenzfragen (vgl. Kapitel 2 bis 4) relevant ist.

Obwohl deklarative und prozedurale Kenntnisse für den Erwerb von Kompetenzen nicht ausreichend sind, nimmt Clement (2008, S. 18) an, dass sie ihn unterstützen. Der Lernweg kann durch die Vermittlung von Teilhandlungen (z. B. *Weiche umstellen*) zu vollständigen Handlungen (z. B. *Zugfahrten durchführen* oder *Stellwerk bedienen*) führen und eine Basis zum Kompetenzerwerb bilden (Clement, 2008, S. 13). Erkenntnisse zum Instruktionsdesign ermöglichen eine effektive Umsetzung dieser deklarativen und prozeduralen Fachinhalte im Rahmen von Teilhandlungen. Aus der Lernperspektive kann die Segmentierung und Sequenzierung der Fachinhalte z. B. anhand deren Komplexität erfolgen (Clement, 2008, S. 20).

Zur Überprüfung der vermittelten Fachinhalte sind hingegen aus der Anforderungsperspektive Kompetenzniveaus zu unterscheiden. Diese können in diagnostische Kompetenzmodelle einfließen.

In dieser Arbeit werden beide Perspektiven berücksichtigt. Aus der Lernperspektive werden v. a. die Komplexitätsuntersuchungen durchgeführt und die Ausbildungssoftware konzipiert, während aus der Anforderungsperspektive v. a. das Kompetenzmodell vorbereitet wird.

4.3 Grundlagen zu Kompetenzmodellen

Einen allgemeinen, kurzen theoretischen Überblick zu Kompetenzstruktur- und Kompetenzniveaumodellen geben die Abschnitte 4.3.1 und 4.3.2, während sich Abschnitt 4.3.3 auf Kompetenzmodelle anderer Ausbildungsberufe bezieht.

4.3.1 Kompetenzstrukturmodelle

In diesem Abschnitt werden hintereinander umrissen:

- Grundlagen zu Kompetenzstrukturmodellen (vgl. Abbildung 4.1),
- Entwicklung von Items,
- Messmodelle für Kompetenzstrukturen und
- die Mehrdimensionalität in der Inhaltsdimension.

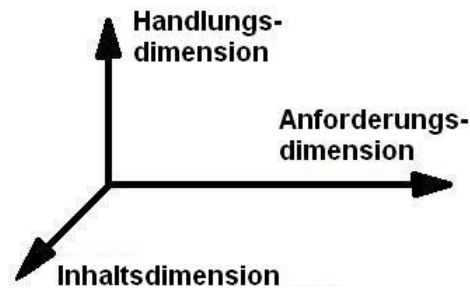


Abbildung 4.1: Kompetenzstrukturmodelle:

Die Abbildung zeigt das Beispiel eines dreidimensionalen Modells (vgl. Venus-Wagner, Weiglhofer und Zumbach, n. d., S. 192; Viering, Fischer und Neumann, n. d., S. 94; Hopf, 2011, S. 6-10; Walpuski et al., n. d., S. 177; leicht abgewandelt).

Grundlagen zu Kompetenzstrukturmodellen

Kompetenzen werden in Deutschland auf der obersten Ebene nach unterschiedlichen Schemata unterteilt. Einige Beispiele sind die folgenden:

- Einteilung nach dem DQR⁹ (z. B. EiB auf Niveau 4) ab Mai 2013 (DQR, 2011, S. 6 f.; DQR, 2013, S. 8),
- Einteilung entsprechend curricularer Standards für einige Unterrichtsfächer mancher Stufen allgemeinbildender Schulen (z. B. Deutsch, 9. Jahrgangsstufe, Hauptschule) nach der KMK¹⁰ (Klieme, n. d., S. 6; Klieme, Leutner und Kenk, 2010, S. 9 f.) und
- Einteilung gemäß der KMK in Fach-, Personal- und Sozialkompetenz (KMK, 1996; BIBB, 2010, S. 3).

Da es für Berufsausbildungen in Deutschland keine curricularen KMK-Bildungsstandards gibt, sind hiernach keine Kompetenzen von Auszubildenden unterscheidbar. Aus wissenschaftlicher Sicht dürfen auch die anderen beiden Einteilungsschemata nicht verwendet werden, da Kompetenzstrukturmodelle signifikant unterscheidbare Kompetenzen trennen sollen. Obwohl

⁹DQR: Deutscher Qualifikationsrahmen

¹⁰KMK: Kultusministerkonferenz

die obigen Kompetenzbereiche empirisch nicht belegt und für die Anwendung in der Praxis zu allgemein formuliert sind (Nickolaus, 2011, S. 161 f.; Kauffeld, 2006, S. 23 ff.), hat es sich in der Praxis dennoch durchgesetzt, die Fachkompetenz getrennt von anderen Kompetenzen präsumptiv zu nennen (Kauffeld, 2006, S. 23; Sonntag und Schmidt-Rathjens, 2004, S. 19; Sonntag und Schaper, n. d.). Im Einklang mit den Zielen dieser Arbeit sollen sich nachfolgend alle Aussagen zur Kompetenz nur noch auf die Fachkompetenz (vgl. dazu den Forschungscluster; BIBB, 2010, S. 10) beziehen.

Kompetenzen sind auf der Basis der Definition 7 messbar (Kauffeld, 2006, S. 12, S. 285; Erpenbeck und von Rosenstiel, 2007, S. XIII). Ausgehend von curricularen Analysen oder theoretischen Ableitungen werden Kompetenzen unterschieden und empirisch untersucht oder durch einen rein empirischen Ansatz entwickelt (Klieme et al., 2003; Schaper, n. d., S. 98 f.; Jordan, Knigge und Lehmann-Wermser, n. d., S. 211 f.; Niessen et al., 2008; Kauffeld, 2006, S. 47; Seeber und Nickolaus, n. d., S. 252; Beaton und Allen, 1992; Hartig, n. d.). Die signifikant unterscheidbaren und theoretisch fundierten Kompetenzen bilden dann die Basis eines Kompetenzmodells.

Empirisch validierte und theoretisch fundierte Kompetenzstrukturmodelle wurden bereits mehrfach entwickelt (z. B. Walpuski et al., n. d., S. 175 ff.; Viering, Fischer und Neumann, n. d.), jedoch gibt es für die EiB-Ausbildung keines von beiden. Die meisten dieser Untersuchungen haben inhaltlich nur die Fachkompetenz untersucht (vgl. Seeber und Nickolaus, n. d., S. 253; Spöttl, n. d., S. 163; Nickolaus, 2011, S. 165).

Entwicklung von Items

Items werden verwendet, um benötigte Parameter (z. B. die Personenfähigkeit und die Itemschwierigkeit) für die Modellbildung abzuschätzen (Strobl, 2012, S. 33; Winther, 2011c, S. 129; Rasch, 1980; van der Linden, n. d., S. 574 f.). Items müssen die tatsächlich geforderten Inhalte (z. B. des Curriculums) valide abbilden (Nickolaus, 2011, S. 163; Beck, Bundt und Gomolka, n. d., S. 17 ff.) und wichtiges Kernwissen erfragen (Nickolaus, 2011, S. 163; Beck, Bundt und Gomolka, n. d., S. 17). Anzustreben ist auch eine möglichst gute Trennschärfe (slope; Strobl, 2012, S. 11 f.; DeMars, 2010, S. 5, S. 11) und eine stochastische Unabhängigkeit zwischen allen Items für Personen mit jeweils gleichen Fähigkeiten (Strobl, 2012, S. 18; Winther, 2011c, S. 129). Die Trennschärfe und die Unabhängigkeit (Richter, n. d., S. 235) müssen empirisch bestätigt werden (vgl. Strobl, 2012, S. 39-48; Winther, 2011a, S. 225 ff.), zumal insbesondere komplexe, authentische und ganzheitliche Items die Gefahr der mathematischen Abhängigkeit beinhalten (Nickolaus, 2011, S. 163; Winther, 2011c, S. 129 f.).

Die Itemanzahl muss ausreichend groß sein, damit sich keine „schlechten Verteilungen“ oder „Bündelungen“ bei den Parametern ergeben (Winther, 2011c, S. 129 ff.; Nickolaus, 2011, S. 166). DeMars (2010, S. 34-37) hat

Itemanzahl-Empfehlungen zur Parameterschätzung für mehrere Modelle zusammengefasst. Abele und Gschwendtner (2010, S. 15) nennen mindestens 20 Items je Dimension auf der Inhaltsdimension für valide Messungen.

Messmodelle für Kompetenzstrukturen

Kompetenzstrukturmodelle können explorativ (z. B. durch eine Faktorenanalyse) entwickelt oder konfirmatorisch (z. B. durch die Klassische Testtheorie oder die IRT¹¹) untersucht werden (Musekamp, Spöttl und Becker, 2010; Hartig und Höhler, n. d.; Kunina-Habenicht et al., n. d., S. 77). Entsprechend des vorliegenden Skalenniveaus (ordinal, kontinuierlich oder kategorial) der latenten und der beobachteten Variablen (dichotom oder polytom) sind konfirmatorische Messmodelle vielfach eingeteilt (vgl. Winther und Klotz, 2014, S. 20; Hartig, Jude und Wagner, n. d., S. 35; Winther, 2011b, S. 130 f.; Hartig und Höhler, n. d., S. 189; Musekamp, Spöttl und Becker, 2010, S. 341) und zusammenfassend beschrieben worden (Strobl, 2012; DeMars, 2010; Koller, Alexandrowicz und Hatzinger, 2012). Da Kompetenzen aus der Lernperspektive nach Clement (2008, S. 22) „kaum messbar“ sind, wird dieser Ansatz hier nicht weiter verfolgt.

Abhängig von dem gewählten konfirmatorischen Messmodell sind neben den bereits oben genannten Anforderungen an Items weitere Voraussetzungen zu erfüllen. Für Rasch-Modelle, bei denen die Aufgabenschwierigkeit und die Personenfähigkeit voneinander abhängig dargestellt sind (Zeitler, Köller und Tesch, n. d., S. 28) und sich die Aufgabenschwierigkeit durch die Anzahl der richtig beantworteten Items bzw. die Personenfähigkeit durch „die schwierigste von der jeweiligen Person gelösten Aufgabe“ ergeben (Zeitler, Köller und Tesch, n. d., S. 28), haben z. B. Koller, Alexandrowicz und Hatzinger (2012) sowie DeMars (2010) diese Voraussetzungen¹² zusammen mit einigen Überprüfungsmethoden beschrieben. Die valide Überprüfung der notwendigen Voraussetzungen zur Anwendung der Rasch-Modelle, die Ermittlung notwendiger Parameter und die Kompetenzmessung sind von mehreren Wissenschaftlern bereits umfangreich beschrieben und durchgeführt worden (Hartig, Jude und Wagner, n. d.; Nickolaus, 2011; Rosendahl und Straka, 2011; Winther, 2011b; Rost, 2004; Beck, Bundt und Gomolka, n. d., S. 17 ff.).

Die einzelnen Messmodelle haben auch ihre Schwächen. Die Modellpassung kann z. B. von der Testgruppe abhängen (DeMars, 2010, S. 59), die Voraussetzungen für die Rasch-Modelle können nicht erfüllt sein (z. B. Eindimensionalität der Inhaltsskala) und Items mit unterschiedlicher Trennschärfe sowie didaktisch favorisierte komplexere Items sind meist zu entfernen.

¹¹IRT: Item-Response-Theorie

¹²Voraussetzungen sind z. B. die Eindimensionalität der Inhaltsskala, die korrekte Passung zwischen Modell und Daten, die spezifische Objektivität, die Suffizienz, die Subgruppeninvarianz bzw. Differential Item Functioning oder normal verteilte Randdaten.

Ein- oder Mehrdimensionalität in der Inhaltsdimension

Trotz empirisch verifizierter Unabhängigkeit von Items können mehrere Kompetenzen eines Kompetenzmodells zum Lösen einer konkreten Aufgabe notwendig sein. Bei der Entwicklung eines Kompetenzmodells muss die Frage geklärt werden, ob für den Response auf Items eine oder mehrere Kompetenzen benötigt werden. Viele Wissenschaftler prüfen diese Mehrdimensionalität in der Inhaltsdimension, indem sie die Passung zweier hierarchisch miteinander verwandter Modelle verschiedener Inhaltsdimensionen vergleichen (z. B. Winther, 2011a, S. 229 f.; Bayrhuber et al., n. d., S. 32 ff.; Jordan, Knigge und Lehmann-Wermser, n. d., S. 220).

Die Planung und Umsetzung einer Untersuchung zur Mehrdimensionalität in der Inhaltsdimension ist z. B. von Rosendahl und Straka (2011, S. 196 ff.) ausführlich beschrieben worden. In der praktischen Umsetzung wurde oft auf eine Untersuchung der Mehrdimensionalität in der Inhaltsdimension aufgrund des enormen Umfangs der Rechenleistung und des Zeitaufwandes verzichtet (Hartig, Jude und Wagner, n. d., S. 39).

Bei einer besseren Passung eines mehrdimensionalen Kompetenzmodells in der Inhaltsdimension ist anschließend zu klären, ob die Dimensionen in der Inhaltsdimension kompensatorisch oder nicht-kompensatorisch verknüpft sind (Hartig und Höhler, n. d., S. 193 ff.; Hartig und Höhler, 2008; Kunina-Habenicht et al., n. d., S. 76).

4.3.2 Kompetenzniveaumodelle

Eine Vielfalt von Kompetenzmessverfahren ist von Erpenbeck und von Rosentiel (2007), Kauffeld (2006, 46 ff) und Everson (n. d., S. 191 f.) dargestellt und klassifiziert worden. Hierbei werden z. B. Methoden der Selbst- oder Fremdeinschätzung (Kauffeld, 2006, S. 46) bzw. statistische (Kohonen, 2001), tätigkeitsanalytische, biografische, persönlichkeitsorientierte oder verhaltensanalytische Verfahren angewandt (Kauffeld, 2006, S. 47 ff., S. 285). Dabei ist die Selbsteinschätzung keine gute Basis zur Ermittlung der Kompetenzen (Cramer, n. d., S. 88), denn an Kompetenzmessungen müssen die psychometrischen Gütekriterien angelegt werden (Schaper, n. d., S. 100; Kauffeld, 2006, S. 50; BIBB, 2010, S. 6).

Zur Niveaustufenbestimmung können entweder post-hoc kritische Schwellen nach Beaton und Allen (1992) oder Itemschwierigkeiten durch Aufgabenmerkmale a priori nach Hartig (n. d.) bestimmt werden (Rosendahl und Straka, 2011, S. 204; Seeber und Nickolaus, n. d., S. 252; Seeber, 2008, S. 75, S. 87). Beide Methoden sind oft theoretisch dargestellt und praktisch umgesetzt worden (z. B. Lehmann und Seeber, 2007; Rosendahl und Straka, 2011, S. 192 ff.; Hartig, n. d.; Zeitler, Köller und Tesch, n. d., S. 28 ff.). Rost (n. d.) beschreibt die Ermittlung von Kompetenzniveaus durch Mischverteilungsmodelle.

Hartig (n. d., S. 88) unterscheidet a priori Niveaus z. B. durch Unterscheidung nach der Anzahl auszuführender Operationen, nach der Schwierigkeit hinsichtlich bestimmter Kriterien, nach spezifischen Phänomenen oder dem offenen bzw. geschlossenen Aufgabenformat. Seine Methode hat einige Vorteile, z. B. eine bessere Ausgangsbasis für Verallgemeinerungen bzw. eine Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen (Hartig, n. d., S. 97 f.) oder systematische Variierbarkeit (Nickolaus, Gschwendtner und Abele, n. d., S. 65).

Nach Hartig werden dann post-hoc kontinuierliche Kompetenzskalen in mehrere Abschnitte unterteilt. Üblich ist eine Normierung der Kompetenzskala auf den Mittelwert 500 und eine Standardabweichung von 100 (Zeitler, Köller und Tesch, n. d., S. 29). Hartig (n. d., S. 84 ff.) verwendet und untersucht dabei auch Hintergrundvariablen (z. B. Schulform, Geschlecht oder sozioökonomischer Hintergrund), um Messfehler zu bereinigen. Zur Beschreibung der Niveaus aufgrund der empirischen Ergebnisse verwendet Hartig (n. d., S. 87) Schwellen-Items, die in der Nähe der unteren Niveaugrenzen liegen. Zeitler, Köller und Tesch (n. d., S. 30) beschreiben die Einstufung von Mindest-, Regel- und Optimalniveaus im Vergleich zum curricularen Standard.

Aktuell gibt es weniger Kompetenzmessmodelle als -strukturmodelle, denn viele Aspekte zur Messung und zu den Modellen (v. a. Konstrukt- und Inhaltsvalidität zu IRT-Modellen) werden kontrovers diskutiert (vgl. Becker, n. d., S. 56; Becker, n. d., S. 75-77, S. 81-85). Seeber (BIBB, 2010, S. 7) nennt z. B. Kontingenzen¹³ und eine hohe Ausdifferenzierung von Taxonomien als Grenzen der Untersuchbarkeit.

Da die drei von Ziener (2008, S. 59-62, 66 f.) theoretisch abgeleiteten allgemeinen Niveaustufen nicht empirisch überprüft sind, sollen diese hier keine Anwendung finden.

4.3.3 Kompetenzmodelle anderer Ausbildungsberufe

Kompetenzmodelle des allgemeinbildenden Bereiches sind kaum für den berufsbildenden Bereich verwendbar (Baethge et al., 2006, S. 110). In den folgenden Abschnitten sind zu Kompetenzmodellen für andere Ausbildungsberufe dargelegt:

- ein Gesamtüberblick,
- Kompetenzstrukturmodelle,
- die Itementwicklung,
- die Dimensionalität in der Fachinhaltsdimension,

¹³Kontingenzen: Zusätzliche Rahmenbedingungen (z. B. Positionierung von Items im Test), die die Aufgabenschwierigkeit beeinflussen (BIBB, 2010, S. 7)

- Kompetenzniveaumodelle,
- Besonderheiten fachlicher Kompetenzmodelle und
- Besonderheiten bei geringen Ausbildungszahlen.

Gesamtüberblick

Im Rahmen des VET-LSA¹⁴ wurden in einer vierjährigen Machbarkeitsstudie Voraussetzungen zur validen Erfassung beruflicher Kompetenzen formuliert (BIBB, 2010, S. 9; Grunau und Splittstöcker, n. d.). Erste Ergebnisse zeigen vor allem eine sehr heterogene Leistung und – wie bei allgemeinbildenden Schulen zum Schulende (vgl. z.B. Lee, 2010) – eine Stagnation der Kompetenzzunahme im dritten Ausbildungsjahr trotz der Vermittlung neuer Inhalte (IBB, 2013). Durch das Projekt ManKobE sollen bis 2016 mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung untersucht werden (Retelsdorf et al., n. d., S. 230 f.).

Momentan gibt es nicht viele theoretisch und empirisch fundierte Kompetenzmodelle in der beruflichen Erstausbildung, die Anzahl der Untersuchungen nimmt aber zu (Spöttl, 2011, S. 22; Nickolaus, Petsch und Norwig, 2013, S. 539; ASCOT-Programm: Nickolaus, Gschwendtner und Abele, n. d., S. 197). Nickolaus (2011, S. 167) liefert einen Überblick über empirisch bestätigte Untersuchungen von Kompetenzmodellen zur Fachkompetenz in der Berufsausbildung: Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik, Kfz-Mechatroniker, Industrie-, Büro- und Bankkaufleute (vgl. auch KOMET-Projekt von Rauner, Haasler und Heinemann, n. d., S. 84 ff. und Bauberufe bei Nickolaus, Petsch und Norwig, 2013, S. 538 ff.).

Nickolaus (2011, S. 164, S. 166) betont, dass bei diesen Untersuchungen noch nicht alle berufsspezifisch ausdifferenzierten Kompetenzstrukturannahmen untersucht seien (z. B. die Fachkompetenz für komplexe Aufgaben und im technischen Anwendungsbezug sowie die Prozesskompetenz).

Kompetenzstrukturmodelle anderer Ausbildungsberufe

In der beruflichen Kompetenzmessung sind bisher überwiegend diagnostische Kompetenzstrukturmodelle für die Fachkompetenz entwickelt und untersucht worden (BIBB, 2010, S. 5; Nickolaus, Petsch und Norwig, 2013, S. 539; Nickolaus, 2013, S. 10).

Mehrfach wurde domänenübergreifend für die untersuchten Ausbildungen zum Ausbildungsende bestätigt, dass die Kompetenzen *Fachwissen* und *fachspezifische Problemlösefähigkeit* („die Fähigkeit, dieses Fachwissen in wechselnden problemhaltigen Situationen anzuwenden“) empirisch unterscheidbar sind (BIBB, 2010, S. 6), das prozedurale bzw. fachlich-methodische

¹⁴VET-LSA (vocational education and training large scale assessment): Berufsbildungs-PISA (Grunau und Splittstöcker, n. d.; Göttingen, 2008)

Wissen jedoch empirisch nicht als eigene Kompetenzdimension nachweisbar ist (Nickolaus, 2011, S. 165 f.; Nitzschke, Geißel und Nickolaus, n. d., S. 125; Nickolaus, Petsch und Norwig, 2013, S. 538-540, S. 548; Nickolaus, 2013, S. 10), wobei dieses Ergebnis von den Definitionen des prozeduralen Wissens (vgl. Nickolaus, n. d. b; Ryle, 2009; Kluwe und Haider, 1990; Nickolaus, Heinzmann und Knöll, 2005) und der Problemlösefähigkeit (vgl. Süß, n. d., S. 263, S. 268 f.; Nickolaus, n. d. a, S. 335; Seeber und Nickolaus, n. d., S. 254) abhängig ist. Die exakte Definition, den Zusammenhang der Problemlösefähigkeit mit dem deklarativen bzw. prozeduralen Wissen und die Grenzen der Anwendbarkeit haben u. a. Winther und Achtenhagen (n. d., S. 210), Nickolaus, Gschwendtner und Abele (n. d. a), Schulz (n. d.), Engelkamp und Zimmer (2006) sowie Süß (1996) aufgezeigt. Als Subdimensionen treten die Kompetenzen *einschlägiges Wissen*, *bereichsspezifische Urteilsfähigkeit*, *Einstellungen* und die *Verhaltensebene* auf (Nickolaus, 2011, S. 162 ff.; Nickolaus, Gschwendtner und Abele, n. d. b, S. 59 f.).

Abweichend davon sind für einzelne Ausbildungen zusätzliche Kompetenzen nachgewiesen worden (z. B. *manuelle Fähigkeiten* im gewerblich-technischen Bereich; vgl. BIBB, 2010, S. 6) bzw. deutliche Korrelationen zwischen den beiden domänenübergreifenden Kompetenzen (Nickolaus, Petsch und Norwig, 2013, S. 548). Insbesondere im ersten Ausbildungsjahr sind Verschmelzungen und Auftrennungen unterscheidbarer Kompetenzen sowie unschärfer trennbare Kompetenzen festgestellt worden (Gschwendtner, n. d. b; Nickolaus, Petsch und Norwig, 2013, S. 540; Nickolaus, 2011, S. 166). Eindimensionale Fachinhaltsskalen haben dann oft eine bessere Passung (Nickolaus, 2011, S. 166).

Empirisch validierte und theoretisch fundierte Kompetenzstrukturmodelle wurden bereits mehrfach entwickelt und beschrieben (z. B. BIBB, 2010, S. 5; Rauner, Haasler und Heinemann, n. d., S. 84 ff.; Rauner, Heinemann, Martens und Maurer, n. d., S. 51; Nickolaus, Petsch und Norwig, 2013, S. 539). Dabei werden neben dem Schema von Bloom (1956)¹⁵ vermehrt die kognitiven Prozessdimensionen von Anderson und Krathwohl angewandt (BIBB, 2010, S. 5) und nach den Wissensarten deklarativ, konzeptuell und prozedural unterschieden (Brand, Hofmeister und Tramm, 2005, S. 4; BIBB, 2010, S. 5).

Itementwicklung in anderen Ausbildungsberufen

Haasler et al. (n. d.) diskutiert Aspekte zu der Itementwicklung in der Berufsausbildung. Seeber (2008, S. 90) klassifizierte a priori die Schwierigkeit der Items, die allerdings in Post-hoc-Analysen angepasst werden mussten, weil die primäre Klassifizierung der Aufgabenschwierigkeit nicht umfassend ermittelt werden konnte.

¹⁵Schema von Bloom (1956): Kennen, Verstehen, Anwenden, Analysieren und Bewerten

Seeber fordert auf, berufsübergreifende und -spezifische Merkmale der Struktur- und Niveaumodellierungen durch variierende Gruppen von Aufgabenmerkmalen mehrerer Berufe und das Abbilden betrieblicher Arbeitssituationen in den entwickelten Items zu identifizieren (BIBB, 2010, S. 9). Haasler (n. d., S. 182) beschreibt, dass im Rahmen des KOMET-Projektes offene Aufgaben valide auswertbar waren, indem einerseits komplexe und reale Handlungsaufgaben gebildet, andererseits eine überzeugende Interrater-Realibilität für den Beurteilungsfragebogen gemessen wurde.

Dimensionalität in der Fachinhaltsdimension

Die Mehrdimensionalität in der Fachinhaltsdimension ist theoretisch (Breuer, 2006) und mehrfach empirisch identifiziert worden (vgl. z. B. Seeber und Nickolaus, n. d.). Zum Ende des ersten Ausbildungsjahres passt vermutlich i. a.¹⁶ eine eindimensionale Fachinhaltsdimension besser (Geißel, n. d.), während häufig am Ende der Ausbildung (KFZ und Elektroniker; Gschwendtner, n. d.a; Nickolaus, Gschwendtner und Geißel, 2008) eine mehrdimensionale Fachinhaltsdimension besser passte. Nickolaus, Gschwendtner und Abele (n. d.b, S. 60 f.) haben Gründe für die bessere Passung eindimensionaler Fachinhaltsmodelle zum Ausbildungsbeginn im gewerblich-technischen Bereich angeführt. Nickolaus, Gschwendtner und Abele (n. d.b, S. 59) vermuten domänenübergreifend eine zumindest zweidimensionale Fachinhaltsdimension. Die Untersuchung der Mehrdimensionalität erhöht die Test- und Prüfungszeit deutlich (Nickolaus, 2011, S. 166).

Kompetenzniveaumodelle anderer Ausbildungsberufe

Es gibt aktuell mehr Kompetenzstrukturmodelle als Kompetenzniveaumodelle (Nickolaus, Gschwendtner und Abele, n. d.b, S. 64), wobei für die fachspezifische Problemlösefähigkeit noch keine zufriedenstellende Niveaumodellierung vorliegt (Nickolaus, Gschwendtner und Abele, n. d.b, S. 66).

Seeber (2008, S. 74 f., S. 78) hat verschiedene Methoden zur Messung der Fachkompetenz für 17 Berufe aufgrund der Untersuchungen in ULME¹⁷ I bis III diskutiert: Fachleistungstests auf Grundlage der probabilistischen Testtheorie wurden mit Mixed-Rasch-Modellen (zwei latente Klassen) verglichen, wobei in dieser untersuchten Gruppe das Mixed-Rasch-Modell besser abschnitt.

¹⁶Seeber (n. d.) fand eine bessere Passung für ein zweidimensionales Modell in der kaufmännischen Ausbildung zum Ausbildungsbeginn.

¹⁷ULME: Untersuchung von Lernständen, Motivation und Einstellungen Hamburger Schülerinnen und Schülern an Berufsschulen sowie teil- und vollqualifizierenden Berufsfachschulen

Rosendahl und Straka (2011, S. 192) fassen zusammen, dass domänenübergreifend i. a. vier Kompetenzstufen¹⁸ verschiedener Systematik aufgetreten seien. Die verallgemeinerten Kriterien der Niveaustufen sind folgende.

Niveau I Alltagsverständnis: Die Aufgabe ist durch direkten Abruf von Basiswissen und/oder die Verarbeitung von Informationen, die in der Aufgabenbeschreibung leicht auffindbar oder durch die Berufsausbildung bereits vertraut sind, zu bewältigen. Die Informationsverarbeitung bedarf geringen kognitiven Aufwands (z. B. Einsatz routinierter Prozeduren).

Niveau II Berufsspezifität: Der Unterschied zu Niveau I liegt in den Informationen. Diese sind z. T. in den Arbeitsunterlagen schwerer zu finden, implizit kodiert oder es müssen mehr Informationen gefunden werden.

Niveau III Tieferes Verständnis: Berufliche Konzepte bzw. Begriffe sind verknüpft. Oft sind situationsspezifische Randbedingungen zur Bewertung oder Modellierung bzw. Lösung nötig.

Niveau IV Umfangreiches/Unbekanntes: Der Unterschied zu Niveau III liegt im größeren Umfang der Anforderungen oder in der geringeren Bekanntheit der Aufgaben.

Auch Rauner, Haasler und Heinemann (n. d., S. 88 f.) sowie Haasler (n. d., S. 180 f.) verwenden vier Niveaustufen. Weitere Konzeptionen bzw. Umsetzungen und Verifizierungen von Kompetenzniveaumodellen sind z. B. nachzulesen bei Rauner, Haasler und Heinemann (n. d.), Nickolaus et al. (2012), Nickolaus, Gschwendtner und Geissel (2008), Rosendahl und Straka (2011), Seeber (2008) sowie Weiglhofer und Venus-Wagner (n. d.).

Besonderheiten fachlicher Kompetenzmodelle

Nickolaus (2011, S. 162, S. 166 f.) gibt an, dass insbesondere komplexere Items zu Validitäts- und Reliabilitätsproblemen führen und dass sich die Kompetenzstrukturen vermutlich v. a. entlang von Fallsituationen (z. T. auch an Tätigkeitsbereichen und Fachgebieten) ausdifferenzieren, das prozedurale Wissen vermutlich von deklarativem Wissen schwer trennbar sei (zur Überführbarkeit vgl. Süß, n. d., S. 265) und dass sich die verändernden curricularen Schwerpunktthemen vermutlich auf die Kompetenzen auswirken. Haasler (n. d., S. 189) gibt an, dass auch bei gestreckten Kammerprüfungen keine Kompetenzsteigerung von der Zwischen- zur Abschlussprüfung feststellbar sei. Weiglhofer und Venus-Wagner (n. d., S. 192 f.) zeigten auf, dass die Klarheit der Items und die Länge der Itembeispiele einen entscheidenden

¹⁸Nickolaus et al. (2012) identifizierte drei Niveaus für KFZ-Mechatroniker.

Einfluss auf die Lösungswahrscheinlichkeit haben und offene Items aufwändiger sind.

Besonderheiten bei geringen Ausbildungszahlen

Bei empirischen Untersuchungen von Kompetenzmodellen wurden stets viele Testpersonen bzw. Testschulen integriert (vgl. z. B. Winther und Klotz, 2014, S. 21; Beck, Bundt und Gomolka, n. d., S. 22 sowie Weiglhofer und Venus-Wagner, n. d., S. 193).

Aufgrund geringer Ausbildungszahlen ergeben sich gegenüber den aktuell untersuchten Kompetenzmodellen für Erstausbildungen zusätzliche Probleme. Rosendahl und Straka (2011, S. 203) haben gezeigt, dass unterschiedliche Itemparameter mit Bezug auf eine einzelne Berufsschulklasse oder einen einzelnen Ausbildungsbetrieb entstehen können und das Gesamtergebnis dadurch verfälscht werden kann. Empirische Untersuchungen müssen sich daher auf mehrere Berufsschulen bzw. mehrere Bundesländer (bei sehr geringen Zahlen sogar auf alle bundesweiten Berufsschulstandorte) erstrecken. Eine derartige Abstimmung mit den Kultusministerien ist zeitlich aufwändig und in dieser Arbeit nicht zu leisten. Daher wird die empirische Untersuchung erst nach dieser Arbeit umgesetzt, die Vorarbeiten und Vorbereitungen dazu allerdings werden hier weitgehend geleistet. Zusätzlich erscheint ein Mehrebenenansatz mit Triangulation wie bei Bromberger und Schweers (n. d., S. 11) sinnvoll, um valide Ergebnisse zu erhalten.

4.4 Ziele, Methodik und Güte der Untersuchung

Mit dem zweiten Expertentreffen wird neben der Vorbereitung eines Kompetenzmodells auch die Überarbeitung der Fachinhalte in der EiB-Ausbildung als Beitrag zur Fachdidaktik angestrebt (vgl. Achtenhagen und Winther, n. d.).

Im Detail sollen alle Fachinhalte mit aktuellem Bezug und zukunftsbezogen überarbeitet und die Handlungsfelder mit den Inhalten durch intensivere Anlehnung an die Richtlinien stärker strukturiert (Jonassen, n. d., S. 389), klassifiziert und praxisnäher gestaltet werden, damit neben dem BIBB auch Novizen davon profitieren können (vgl. auch Abschnitt 4.1.1). In dieser Arbeit soll ein theoretisch fundiertes und durch die Erfahrung der Experten aus der Berufspraxis abgesichertes Kompetenzmodell entworfen und zur empirischen Untersuchung vorbereitet werden. Anschließend soll auf der Basis eines überarbeiteten Curriculums ein Pool von Basisitems (vgl. „prototypische Aufgaben“ bei Beck, Bundt und Gomolka, n. d., S. 17, Venus-Wagner, 2011, sowie Weiglhofer und Venus-Wagner, n. d., S. 190), aus denen Testitems abgeleitet werden können, entwickelt werden. Sowohl die Fachinhalte als auch die Basisitems sollen hinsichtlich der empirischen Überprüfung des theoretisch fundierten Kompetenzmodells klassifiziert werden. Den Fachinhalten

sollen Aussagen hinsichtlich der Komplexität (vgl. die Vermutung in Kapitel 3), der Wissensart, der komplexen kognitiven Fähigkeit und des kontextuellen Zusammenhangs zugeordnet werden. Den Basisitems sollen Aussagen hinsichtlich der Komplexität, der Atypizität, der beruflichen Relevanz, der beruflichen Wichtigkeit, der Curriculumanbindung, der stochastischen Unabhängigkeit, der Unklarheit und der Aufgabenlänge zugeordnet werden.

Methodisch ist es sinnvoll, wie im ersten Expertentreffen zu verfahren (vgl. Abschnitt 3.1). Im Unterschied zum ersten Expertentreffen, sind für das zweite Expertentreffen jedoch andere Experten notwendig. Nur Ausbildungsexperten sind in der Lage, die Richtlinien bis in kleinste Details und die Berufspraxis gleichermaßen zu überblicken (Clement, n. d.b, S. 18), wodurch nur sie zu Experten im Sinne von Norton (1997, S. 28, S. C-5 f.) werden. Bei zu geringer Teilnahme soll eine schriftliche Expertenbefragung folgen.

Die psychometrische Güte (vgl. BIBB, 2011a, S. 129 ff.) wird parallel zu den Einzelschritten in diesem Abschnitt angegeben. Abschnitt 4.4.1 beschreibt die Methode DACUM¹⁹ zur Überarbeitung der Fachinhalte. Der Rahmen zur Ermittlung der Komplexität von Fachinhalten und Basisitems steht in Abschnitt 4.4.2, die Abschnitte 4.4.3 und 4.4.4 zeigen weitere Eigenschaften der Fachinhalte und der Basisitems auf und Abschnitt 4.4.5 fasst die Vorarbeiten für das Kompetenzmodell zusammen.

4.4.1 Überarbeitung der Fachinhalte

Da kein öffentliches Gliederungsschema (vgl. Abschnitt 4.1) die notwendigen Eigenschaften besitzt, muss der aktuelle rechtliche Ausbildungsrahmen überarbeitet werden. Für die Überarbeitung bezüglich der Fachinhalte wird das Planungs-Modell von Posner (n. d.) angewandt. Die Planungsschritte sind durch die Anwendung einer Standardmethode (DACUM) in diesem Abschnitt festgelegt, das Ziel wurde oben angegeben und die Planungselemente bzw. deren Beziehungen untereinander sind durch die Handlungsfelder bzw. Fachinhalte in der EiB/F-Ausbildung gegeben.

Zur Klärung der Methodenfrage wurden die Dimensionen moderner Kompetenzmessverfahren von Erpenbeck und von Rosenstiel (2007, S. XXXIII) angewandt. Das gesuchte Verfahren muss vorwiegend auf Ausbildungskompetenzen gerichtet sein, die zur Erreichung eines mehr oder weniger klar umrissenen Zieles notwendig sind (**Steuerung**). Das Verfahren soll im Schwerpunkt fachlich-methodische Kompetenzen messen, charakterisieren oder beschreiben (fachlich-methodische Kompetenzen). Die in diesem Kapitel betrachteten fachlichen Kompetenzen werden vorwiegend als aktivitäts- und umsetzungsorientierte Kompetenzen bzw. Arbeits- und Tätigkeitsdispositionen im Sinne von Erpenbeck und von Rosenstiel (2007, S. XXIV) aufgefasst. Das Verfahren soll möglichst objektive Messmethoden darstellen (Abbildung

¹⁹DACUM: Developing a Curriculum

4.2, links) und aus der quantitativen Kompetenzforschung stammen (Abbildung 4.2, rechts). Das gesuchte Verfahren soll die Entwicklung der Kompetenzen betrachten (**Entwicklung**). Insgesamt ergibt sich nach Erpenbeck und



Abbildung 4.2: Zwei Eigenschaften von Kompetenzmessverfahren: Objektivität (links) und quantitativ messend (rechts) nach Erpenbeck und von Rosenstiel (2007, S. XXXIII)

von Rosenstiel (2007, S. XXXII) die Visualisierung für die gesuchte Methode in der linken Abbildung 4.3. Am ähnlichsten zu der Struktur der gesuchten



Abbildung 4.3: Strukturen der gesuchten Methode zur Analyse der Fachinhalte (links) und der Methode DACUM (rechts). Die Zielelemente sind die Steuerung St, fachlich-methodische Kompetenzen F, Arbeits- und Tätigkeitsdispositionen a sowie die Entwicklung En (Erpenbeck und von Rosenstiel, 2007, S. XXXIII; Tippelt und Edelmann, n. d., S. 737; leicht abgewandelt).

Methode ist die der Methode DACUM²⁰ (Tippelt und Edelmann, n. d., S. 737), wobei alle von Erpenbeck und von Rosenstiel (2007) gesammelten Methoden in Betracht gezogen wurden, jedoch keine Variationen von DACUM (vgl. hierzu z. B. Bauer, n. d.; Clement, 2008, S. 86).

Der Ablauf, die Vor- und Nachteile sowie die Grenzen der Methode DACUM sind grundsätzlich von Norton (1997) sowie Tippelt und Edelmann (n. d., S. 739, S. 755 f.) beschrieben worden. Die Methode wurde oft erfolgreich, effektiv und effizient eingesetzt und kann zur Überarbeitung von Fachinhalten angewandt werden (Norton, 1997, S. VI, S. 5 f., S. 14 f., S. 16). Für die Methode DACUM sind fünf bis zwölf erfahrene Experten notwendig (Norton, 1997, S. 1 f., S. 18, S. B-7). Bei der Methode DACUM müssen die historisch gewachsenen Richtlinien als Rahmen jeder beruflichen Handlung berücksichtigt werden, zumal sie sicherheitsrelevante Handlungsschritte

²⁰DACUM: Developing a Curriculum

wesentlich detaillierter als Normen vorschreiben und in der Ausbildung ein unverzichtbares Lern- und Nachschlagewerk darstellen. Als Folge müssen, im Gegensatz zu der Forderung von Norton (1997, S. B-7, S. C-5 f.), insbesondere Ausbildungsexperten das Verfahren DACUM umsetzen, weil nur diese über die notwendigen Detailkenntnisse und Erfahrungen hinsichtlich der Richtlinien verfügen. Den notwendigen, direkten Kontakt zu der Berufspraxis nach Norton (1997, S. C-5 f.) besitzen sie durch mehrjährige Berufserfahrung im Betriebsdienst bzw. regelmäßigen Austausch mit Praktikern.

Abbildung 4.3 zeigt, dass die Methode DACUM nicht objektiv ist (Tippelt und Edelmann, n. d., S. 739), weil die Ergebnisse von der Objektivität, der Motivation, dem Fachwissen, der Kommunikationsfähigkeit und der Weitsicht der Experten sowie des Leiters abhängen (Tippelt und Edelmann, n. d., S. 755). Der Auswahl der Experten kommt eine besondere Bedeutung zu (Norton, 1997, S. 12, S. 27). Zu dem DACUM-Workshop wurden deutschlandweit Ausbildungsexperten eingeladen. Zu den fünf geforderten Mindestteilnehmern sollen je ein Ausbilder, ein Berufsschullehrer und ein Trainer gehören. Eine Auswahl durch Stichprobenentnahme entfällt aufgrund der wenigen Ausbildungsexperten. Das Fachwissen, die Erfahrung und die Motivation der teilnehmenden Experten stehen im Vordergrund. Die Durchführungsobjektivität ist durch die Anwendung des Verfahrens DACUM gegeben. Als besonderes Maß für die Auswertungs- und Interpretations-Objektivität wird neben der Äquivalenz die Intensität und Qualität der fachlich-inhaltlichen Beiträge verwendet. Novizen dürfen nur als Beobachter oder Ratgeber teilnehmen (Norton, 1997, S. B-13).

Als Maß für die Reliabilität wird die Übereinstimmung der Expertenergebnisse verwendet.

Die Kriteriums-Validität der Ergebnisse wird erreicht, indem die Fachinhalte des aktuellen rechtlichen Ausbildungsrahmens (vgl. Abschnitt 2.2.2) als Arbeitsbasis verwendet werden. Die stärkere Strukturierung soll in Anlehnung an die inhaltliche Struktur der Richtlinie 408 (DB, 2012) vorgenommen werden: Grundlagen – Regelbetrieb – Unregelmäßigkeiten.

4.4.2 Komplexität der Fachinhalte und der Basisitems

Die Schwierigkeit von Arbeitstätigkeiten kann aus unterschiedlichen Perspektiven beurteilt werden, z.B. mit einer stressbezogenen Arbeitsanalyse (vgl. iqpr, 2007, S. 85; Semmer, Zapf und Dunckel, n. d.). Die Komplexität wird in dieser Arbeit auf Basis der Definition 9 berechnet, wobei die Intransparenz und die Eigendynamik aufgrund der Handlungsvorgaben in den Richtlinien unberücksichtigt bleiben können. Neben der Komplexität der Fachinhalte (Elementanzahl und Vernetztheit) wird durch eine Erweiterung der DACUM-Workshops u. a. auch die der Basisitems eingeschätzt. Abschließend folgt in diesem Abschnitt ein Vergleich zwischen beiden ermittelten Komplexitäten. Die Beziehung zwischen beiden Komplexitätsbetrachtungen ist v. a.

durch die kognitive Prozessstufe (vgl. Definition 6) gegeben. Zu beachten ist, dass für komplexe Fachinhalte einfache Items formuliert werden können. Analoges gilt auch umgekehrt z.B. bei schwer verständlichen Items.

Berechnung der Komplexität der Fachinhalte

Neben der Qualität der Verknüpfungen sind zwar auch die Selektivität (vgl. Slepcevic-Zach und Tafner, 2011, S. 178) und das Vorwissen (Weth, n. d., S. 125) für die Komplexität bedeutend, jedoch wird die Komplexitätszahl der Fachinhalte in dieser Arbeit analog zu Schott (n. d., S. 53) durch einfaches und gleichgewichtetes Zählen (van Merriënboer und Kirschner, 2007, S. 83; Sweller, n. d., S. 14; Clark und Elen, n. d., S. 283) der deklarativen bzw. prozeduralen Inhalte vorausgesetzter Tätigkeiten, die z.B. durch Knoten und Kanten darstellbar sind (Niegemann et al., n. d., S. 332 ff; Niegemann et al., 2008, S. 104; Mandl und Fischer, 2000), berechnet. Knutzen, Howe und Hägele (n. d., S. 91) haben festgestellt, dass die reale Komplexität durch diese Modellierung zwar verringert wird, jedoch die Arbeitszusammenhänge strukturell weitgehend erhalten bleiben. Eine andere Gewichtung wurde aufgrund unklarer bzw. subjektiver Kriterien unterlassen. Eine Sensitivitätsanalyse ist aufgrund der starken Vernetzung und zu vieler Parameter nicht durchführbar. Handlungen, die zu Lebens- oder Betriebsgefahren führen können, wurden separat gezählt. Das sich nach den Berechnungsregeln unten maximal ergebende Komplexitätszahlintervall wurde in fünf gleichverteilte Intervalle (vgl. Heidelberg, 2010, S. 115; Zacher et al., 2009, S. 10) unterteilt. Hierdurch war die Komplexitätszahl jedes Fachinhaltes eindeutig einem Teilintervall, also einem Wert auf einer fünfstufigen metrischen Skala, zuzuordnen.

Das Verfahren ist nur scheinbar objektiv. Die Fachinhalte sind zwar durch die spätere Tätigkeit und die Richtlinien vorgegeben, jedoch ist die Auflistung von fachlichen Schlagwörtern zu jedem Fachinhalt subjektiv. Auch die Entscheidung über eine Betriebsgefahr ist nicht rein objektiv zu fällen. Die dritte subjektive Komponente ergibt sich aus der Vernetzung der Fachinhalte, die durch den Untersuchungsleiter vorgenommen wurde. Es gibt dabei z.B. Fachinhalte, bei denen nicht entschieden werden kann, welcher der beiden für den anderen Voraussetzung ist. Ein Beispiel verdeutlicht dies: Das Ausfüllen von Befehlsvordrucken (vgl. Abbildung 5.5) kann als Voraussetzung für die Anwendung bei Unregelmäßigkeiten angesehen werden, während eine Unregelmäßigkeit als Voraussetzung für das Ausfüllen von Befehlen gelten kann. Somit dürfen auch die berechneten Komplexitätszahlen nur als objektivierter Tendenzwert betrachtet werden. Zur Erhöhung der Objektivität wurden folgende Berechnungsregeln festgelegt und angewandt.

- Zur Komplexitätsanalyse werden Fachinhalte in ihre gegenseitigen inhaltlichen Abhängigkeiten gebracht (Voraussetzung → abhängiger Fachinhalt).

- Es erfolgt keine Gewichtung bzgl. unterschiedlich komplexer Einzeltätigkeiten.
- Bei zwei zusammenfließenden Fachinhalten werden beide Fachinhalte angerechnet, da alle Knoten und Kanten benötigt werden.
- Bei Aufzählungen mit *oder* bzw. *und* werden alle Fachinhalte einzeln gezählt.
- Die meisten Beziehungen zu dem Knoten *Befehle* sind ungerichtet. Da Voraussetzung und abhängiges Fachwissen vertauschbar sind, werden diese ungerichteten Kanten für die Komplexitätsberechnung als zweiseitig gerichtet betrachtet.
- Eine mögliche Lebens- oder Betriebsgefahr darf je Fachinhalt im Handlungsfeld maximal einmal angerechnet werden.
- Bei Handlungsketten werden alle Teilschritte separat angerechnet.
- Bei der Vernetzung tritt oftmals ein Fachinhalt als Voraussetzung für mehrere andere auf, die wiederum alle für einen einzigen Fachinhalt eine Voraussetzung darstellen. Bei solchen Abhängigkeitsringen werden die Wurzeln nur einmal gezählt.

Problematisch bei der Anwendung dieser Regeln bleibt, alle Abhängigkeitsringe vollständig zu erkennen, und der notwendige Zeitaufwand.

Die innere Reliabilität wurde von dem Untersuchungsleiter mit einer zweiten Durchführung der Berechnung nach etwa einem Monat ermittelt. Eine externe Reliabilitätsprüfung durch andere Fachleute fand nicht statt, da der Prozess zeitaufwändig ist und die Komplexitätszahl nur eine Tendenz angeben soll. Indem die Komplexität jedes Fachinhaltes eingeschätzt wurde, ist der Prozess valide.

Einschätzung der Komplexität der Basisitems

Die Schwierigkeit bzw. Komplexität von Basisitems wurde von den Experten direkt nach dem regulären DACUM-Workshop aus der Praxissicht auf einer dreistufigen ordinalen Skala (leicht, mittel, schwer) eingeschätzt. Einerseits wird die Einschätzungsbelastung im Unterschied zu einer fünfstufigen Skala reduziert, andererseits die Ergebnisse polarisiert. Indem zwei benachbarte Felder angekreuzt werden durften, wurde die Skala implizit fünfstufig.

Für die Einschätzung der Komplexität wurde den Experten empfohlen, alle Handlungen nicht aus der individuellen oder Entwicklungssicht der Auszubildenden zu beurteilen, sondern aus der Perspektive einer Fachkraft am Ende der Ausbildung.

Das Verfahren ist nicht objektiv, weil die Einschätzung der Komplexität von individuellen Definitionen und Interpretationen abhängt und unterschiedliche persönliche Erfahrungen einfließen. Da nur eine tendenzielle Aussage getroffen werden soll, ist die durch Äquivalenz objektivierte Gesamteinschätzung akzeptabel. Die Übereinstimmung der Experteneinschätzungen wird als Maß für die Reliabilität verwendet. Bei abweichenden Einschätzungen soll der Median gebildet werden. Bei einem nichtganzzahligen Median soll auf den jeweils höheren ganzzahligen Wert aufgerundet werden. Durch das Verfahren werden alle Basisitems, die sich auf alle Fachinhalte der Ausbildung beziehen, durch die Experten eingestuft – die Ergebnisse sind damit valide.

Vergleich der Komplexitätsbetrachtungen

Indem die Basisitems den jeweiligen kompletten Fachinhalt auf der höchstmöglichen kognitiven Prozessstufe abfragen, kann die Komplexität der Fachinhalte mit derjenigen der Basisitems verglichen werden. Dennoch können die zwei Betrachtungen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, da auch Fachinhalte, die wenige Voraussetzungen haben, von Experten bei ganzheitlicher Bewertung (z. B. aufgrund einer enthaltenen Betriebsgefahr) trotzdem als schwierig eingestuft werden können. Analoges gilt insbesondere für komplexe Routinetätigkeiten auch umgekehrt.

Bei übereinstimmenden Ergebnissen der beiden Ansätze wird die Objektivität der beiden Komplexitätsbetrachtungen verbessert.

4.4.3 Weitere Eigenschaften der Fachinhalte

Neben der Komplexität (vgl. Abschnitt 4.4.2) werden folgende Eigenschaften der Fachinhalte von den Ausbildungsexperten im Rahmen des erweiterten DACUM-Workshops (ggf. mehrfach) zugeordnet bzw. angegeben:

- Wissensart: deklarativ, prozedural oder kontextuell,
- Handlungsart: rekurrierend oder nicht-rekurrierend,
- Unterstützungs- und Strategiewissen für nicht-rekurrierende konstitutive Teiltätigkeiten,
- Expertenregeln für rekurrierende konstitutive Teiltätigkeiten sowie
- kontextueller Zusammenhang und sonstige Anmerkungen.

Diese Eigenschaftenliste ergibt sich aus der im Rahmen der Wissens- und Aufgabenanalyse (van Merriënboer, 1997, S. 79-168; Niegemann et al., 2008, S. 103-106) benötigten Informationen für das Design der Ausbildungssoftware (vgl. Kapitel 5). Grundsätzlich werden alle Zuordnungen und Angaben gemeinsam besprochen und unbewertet aufgenommen. Die Zuordnungen zu

Wissens- und Handlungsarten resultieren in Häufigkeiten, die restlichen Angaben in additiv aufgenommenen, offenen Texten.

Das geschilderte Verfahren ist durch Anwendung gleicher Regeln für alle Experten und gleicher Wertung aller Beiträge bezüglich der Durchführung objektiv. Die Beiträge der Experten sind subjektiv, werden allerdings durch Äquivalenz objektiviert. Die Auswertungsobjektivität ist durch Standardmethoden gewahrt. Die Reliabilität und Validität der Zuordnungen ist durch die angegebene Eigenschaftenliste gegeben. Die restlichen Angaben sind durch die gemeinsame Besprechung reliabel und durch den Bezug auf alle Fachinhalte zwar diesbezüglich valide, können jedoch durch ggf. unvollständige Angaben zu einzelnen Fachinhalten die Validität verlieren. Die Übereinstimmung der Einschätzungen wird als Maß für die Reliabilität verwendet.

4.4.4 Weitere Eigenschaften der Basisitems

Da es für EiB/F keine öffentlich erhältlichen Fachbücher mit Items auf Basis der rechtlichen Rahmenvorgaben gibt, müssen diese für die empirische Untersuchung entwickelt werden. Als Vorarbeit hierfür ist – ausgehend von allen überarbeiteten Fachinhalten – in einem ersten Schritt für jeden Fachinhalt jeweils ein Basisitem bzw. ein Pool möglichst stochastisch unabhängiger Basisitems zu bilden. Neben der Komplexität (vgl. Abschnitt 4.4.2) werden folgende Eigenschaften der Basisitems von den Experten im Rahmen des erweiterten DACUM-Workshops (ggf. mehrfach) zugeordnet bzw. angegeben:

- Atypizität,
- Relevanz,
- Wichtigkeit,
- curriculare Anbindung,
- stochastische Unabhängigkeit,
- Unklarheit und
- Aufgabenlänge.

In Vorarbeit eines Kompetenzmodells werden ferner folgende Zuordnungen der Basisitems angegeben:

- die kognitive Prozessdimensionen nach Anderson und Krathwohl,
- die Niveaustufe I - IV (vgl. Abschnitt 4.3.3) und
- die Dimensionalität der Inhaltsskala.

Die Eigenschaftenliste ergibt sich aus der für Kompetenzmodelle notwendigen Itementwicklung. Als Kriterium für eine unakzeptable Aufgabenlänge wird in Anlehnung an gedächtnispsychologische Empfehlungen ein Response auf die Basisitems von mehr als sieben Chunks verwendet (Miller, 1956; Simon, 1974). Die kognitiven Prozessdimensionen sind in dieser Arbeit besser geeignet, weil sie nach Meyer, Hertnagel und Weber (2009, S. 40-44) eine Weiterentwicklung des Schemas von Bloom (Meyer, Hertnagel und Weber, 2009, S. 32-39; Bruns und Gajewski, 2002, S. 29; Reigeluth und Moore, n. d., S. 52-55) sind. Das VDV-Schema wird aufgrund fehlender Fundierung verworfen.

Es gelten analoge Aussagen zur psychometrischen Güte wie auf Seite 39.

4.4.5 Vorarbeiten zu einem Kompetenzmodell

Aufgrund der geringen Auszubildendenzahlen und der wenigen berufsschulischen Standorte (vgl. Abschnitt 2.2.3) kann keine Stichprobenauswahl erfolgen, sondern die empirische Überprüfung eines Kompetenzmodells muss mit Genehmigung aller Kultusministerien bundesweit durchgeführt werden. Dies ist nur dieser Arbeit nachgelagert zu leisten.

In domänenübergreifender Anlehnung an empirisch validierte und theoretisch fundierte Kompetenzstrukturmodelle anderer Ausbildungsberufe (vgl. Abschnitt 4.3.3) und auf der Grundlage der Experteneinschätzungen sowie der Definition 7, den theoretischen Überlegungen und der anvisierten stochastischen Unabhängigkeit wird ein fachliches Kompetenzstrukturmodell auf zwei Subebenen entwickelt. Hieraus ergeben sich auf der ersten Subebene die Kompetenzen *Fachwissen* und *fachspezifische Problemlösefähigkeit*.

Auch an empirisch validierte und theoretisch fundierte Kompetenzniveauumodelle anderer Ausbildungsberufe (vgl. Abschnitt 4.3.3) wird dieses Kompetenzmodell domänenübergreifend angelehnt. So ergeben sich die Kompetenzniveaus I bis IV aus Abschnitt 4.3.3: Alltagsverständnis, Berufsspezifität, tieferes Verständnis und Umfangreiches/Unbekanntes.

Eine ggf. bessere Passung bezüglich der Mehrdimensionalität in der Fachinhaltsdimension muss empirisch nachgelagert geprüft werden. Die Frage der kompensatorischen oder nicht-kompensatorischen Mehrdimensionalität wird von den Experten auf theoretischer Basis a priori abgewägt.

Die notwendigen Parameter für die entwickelten Kompetenzmodelle können auf der Grundlage von Items, die aus den Basisitems abzuleiten sind, geschätzt werden. Die psychometrische Güte bezüglich der Einschätzungen der Experten ist hier nur für die Entwicklung der Basisitems relevant, da alle anderen Inhalte nur a priori und im Rahmen der theoretischen Fundierung erarbeitet werden. Die überarbeiteten Fachinhalte, die Handlungsfelder und die Basisitems sind von dem Untersuchungsleiter aus zeitlichen Gründen vor dem Expertentreffen entworfen worden (vgl. Abschnitt 4.5.2). Diese dienen den Experten als Arbeitsgrundlage, werden gemeinsam besprochen und

überarbeitet. Somit gelten analoge Aussagen zur psychometrischen Güte wie auf Seite 39.

4.5 Vorbereitungen zum zweiten Expertentreffen

Die Vorbereitungen für das zweite Expertentreffen sind unterteilt in einen administrativen (Abschnitt 4.5.1) und einen inhaltlichen Teil (Abschnitt 4.5.2).

4.5.1 Administrative Vorbereitungen

Das zweite Expertentreffen musste in den bayerischen Oster-Schulferien, im April 2012, anberaumt werden. Mitte Januar wurden für den Zeitraum vom 10. bis zum 13.4.2012 insgesamt 94 Fachexperten zu drei eintägigen Expertentreffen nach Nürnberg eingeladen. Die Bestätigung der Teilnahme wurde bis Freitag, den 24.2.2012, erbeten.

Jedes der drei Expertentreffen dauerte von 13:00 Uhr bis 12:00 Uhr des Folgetages. Jeder dieser Tage war identisch strukturiert, unterschied sich aber inhaltlich (EiB/LT im Reisezugverkehr, EiB/LT im Güterzugverkehr und EiB/F). Aus allen drei Bereichen wurden primär aus dem süddeutschen Gebiet folgende Experten eingeladen:

- Theorie- und Praxisausbilder von Ausbildungsbetrieben für EiB/LT (DB Schenker Rail Deutschland AG, DB Regio AG und die Internationale Gesellschaft für Eisenbahnverkehr),
- Theorie- und Praxisausbilder von Ausbildungsbetrieben für EiB/F (DB Netz AG),
- Unternehmensinterne Theorietrainer für EiB/LT und EiB/F (DB Training und Learning & Consulting),
- IHK-Prüfungsausschuss-Mitglieder,
- EiB-Berufsschullehrer in Deutschland,
- drei Universitäts-Professoren mit Lehrstühlen im Eisenbahnwesen (Dresden und Berlin),
- ein Professor mit einem Lehrstuhl im Fachbereich Elektrotechnik/Simulation (Braunschweig),
- jeweils ein EiB beider Fachrichtungen LT und F mit kürzlich abgeschlossener EiB-Berufsausbildung,
- ein Vertreter des VDV und
- Mitglieder der Berufsbildungskommission für den rechtlichen Ausbildungsrahmen.

Die Ausbildungskoordinatoren aus dem ersten Expertentreffen wurden als Beobachter eingeladen. Vertreter der DB Fernverkehr AG (Ausbildung von EiB/LT) wurden nicht eingeladen, weil hierdurch grundsätzlich keine abweichenden Sichtweisen zu erwarten sind.

Der zeitliche Umfang für den DACUM-Workshop wurde in Anlehnung an Norton (1997, S. 1, S. 16) auf je fünf Stunden (13:00 Uhr – ca. 18:00 Uhr) herabgesetzt, denn die Experten bekamen einen vom Untersuchungsleiter als Diskussionsgrundlage vorbereiteten Vorschlag unterbreitet. Norton (n. d., S. 193) hat die sich daraus ergebenden Nachteile beschrieben. Die restliche Zeit wurde jeweils für die Einschätzungen im Rahmen des erweiterten DACUM-Workshops angesetzt. Der Zeitaufwand wurde im Voraus getestet und extrapoliert. Eine Zeit- und Ablaufplanung wurde erstellt.

Angemeldete Experten erhielten drei Mappen (vgl. Anhang B) mit Arbeitsmaterialien und Ergebnisbogen.

4.5.2 Inhaltliche Vorbereitung

Im Vorfeld des zweiten Expertentreffens wurden die Fachinhalte des rechtlichen Ausbildungsrahmens als Arbeitsgrundlage mit den Zielen von Kapitel 4 bzw. Abschnitt 4.4 exklusive der Unregelmäßigkeiten, die über die Richtlinien hinaus gehen (vgl. Abschnitt 3.3.2, Seite 16), überarbeitet. In diese sind zusätzlich die folgenden Wünsche von Ausbildungsexperten aufgenommen worden:

- Disposition und Tätigkeiten der BZ²¹ (Fachschule Gotha),
- Verkehrsgeografie (Berufsschule München) und
- Inhalte, die es den Auszubildenden ermöglichen, sich in andere Berufe schneller einzuarbeiten (KIBB, 2003, S. 39-41).

Diese Arbeitsgrundlage (vgl. Datei Ergebnis0_120608_Handlungsfelder_Fachinhalte.pdf, Anhang G) basierte auch auf einem Kompromiss zwischen dem hierarchisch abhängigen Wissen (vgl. Abschnitt 3.3.2, Seite 16) und den aktuellen Anforderungen der IHK-Praxisprüfungen, wodurch das hierarchisch abhängige Wissen nicht durchgängig eingehalten werden konnte.

Analog wurden die Fachinhalte bezüglich ihrer deklarativen und prozeduralen Inhalte konkretisiert, in Handlungsfeldern zusammengefasst (vgl. Datei Ergebnis1_120608_Fachwissen_Detailinhalte.pdf, Anhang G) und die Basisitems (vgl. Datei Ergebnis4_120608_Basisitems.pdf, Anhang G) entsprechend Abschnitt 4.4, Seite 32, entwickelt. Ebenso ist eine Mappe mit

²¹Die Betriebszentrale (BZ) ist historisch zuständig für die Koordination von Zugläufen im Großraum. Heutzutage sind zusätzlich die Tätigkeiten von Fdl auf die Ebene der BZ verlagert. Dann gehört auch die Durchführung von Zug- und Rangierfahrten auf der Ebene von Bahnhöfen dazu.

Informations- und Arbeitsmaterialien (vgl. Anhänge B und G) erstellt worden.

4.6 Durchführung des zweiten Expertentreffens

Nach der Beschreibung der Vorbereitungen in dem Abschnitt 4.5 wird auf die Durchführung der DACUM-Workshops (Abschnitt 4.6.1) bzw. deren Erweiterung (Abschnitt 4.6.2) eingegangen. Abschließende Tätigkeiten für das 2. Expertentreffen sind in Abschnitt 4.6.3 ergänzt.

4.6.1 DACUM-Workshops

In diesem Abschnitt wird:

- die Aussagekraft der Ergebnisse für die DACUM-Workshops beleuchtet, indem die Anzahl und die Herkunft der Experten betrachtet werden,
- der Ablauf der Workshops mit deren Besonderheiten beschrieben und
- Vereinbarungen der Experten zum Ende der Workshops dargelegt.

Anzahl und Herkunft der Ausbildungsexperten

Am zweiten Expertentreffen in Nürnberg nahmen vier Ausbildungsexperten (Berufsschullehrer aus Niedersachsen und Bayern, DB Training, Learning & Consulting sowie DB Netz AG) teil. Mit zwei weiteren Ausbildungsexperten, die verhindert waren, wurde abgesprochen, dass man sich zu dritt nach dem offiziellen Termin zu einem nachgelagerten DACUM-Workshop treffen sollte. Einem verhinderten Ausbildungsexperten des Berufskollegs in Hagen wurden die Ergebnisse zugesendet. Er konnte sich als externer Experte nachgelagert in den Gesamtprozess integrieren. Alle Experten waren langjährig im Eisenbahnbetriebsdienst tätig oder haben seit langem Erfahrung in der Ausbildung von EiB.

Ablauf der Workshops

Die DACUM-Workshops fanden wie geplant statt (vgl. Abschnitt 4.5.1). Nach der Begrüßung, der Bekanntgabe der Ziele, der Bedeutung und des Ablaufes wurden die Informationsmaterialien zum aktuellen Forschungsstand sowie Vordrucke und der Feedbackbogen (vgl. Anhang G) vor der Arbeitsphase besprochen. Einvernehmlich sollten alle Inhalte auf der Arbeitsgrundlage des Untersuchungsleiters (vgl. Abschnitt 4.5.2) entwickelt werden. Arbeitsmaterialien (Norton, 1997, S. 28) brauchten wegen des überwiegenden Bezugs auf das Stellwerk nicht notiert werden.

Während Karten mit den Handlungsfeldern für die Experten schrittweise ausgelegt wurden, sind diese mit den Experten inhaltlich besprochen und entwickelt worden. An vielen Stellen ist die Frage nach konkreten Fachinhalten aufgetreten, welche aber noch mit dem Hinweis zurückgestellt werden musste, dass nach dem Top-Down-Verfahren Details zu Fachinhalten später hinterfragt werden sollten. Nach der Abstimmung der Handlungsfelder wurden analog die Fachinhaltskarten schrittweise ausgelegt und diskutiert. Neben der Zuordnung zu den Handlungsfeldern wurde auch die Zuordnung zu den Ausbildungsjahren hinterfragt und verändert. Bei Fragen zu Details von Fachinhalten bot die Mappe mit den Arbeitsmaterialien eine wertvolle Hilfe. Nach Abstimmung aller Handlungsfelder und deren Fachinhalte besprachen alle Ausbildungsexperten gemeinschaftlich und zeilenweise die DACUM-Workshop-Liste in der Ergebnismappe (vgl. Anhang G) und fixierten einhellig die Ergebnisse. Dies stellte sich als effizient heraus, da einzelne Experten die Definitionen der noch neuen Begrifflichkeiten immer wieder in der Arbeitsmaterialmappe hätten nachschlagen müssen.

Das Ergebnis des jeweils vorangehenden DACUM-Workshops bildete die neue Arbeitsgrundlage für den folgenden DACUM-Workshop.

Gruppiert nach Änderungsbereichen und chronologisch traten in den drei DACUM-Workshops folgende vollzogene Änderungen auf.

Änderung von Handlungsfeldern oder Fachinhalten:

1. Dienstag, 10.4.2012

- Im 1. Ausbildungsjahr wird der Umgang mit Richtlinien aufgenommen.
- Vier Fachinhalte zur Stellwerkbedienung werden zu dem Handlungsfeld *Rangierfahrt durchführen* verschoben.

2. Mittwoch, 11.4.2012

- Die Bremsstörungen werden in das 3. Ausbildungsjahr verschoben.
- Der Fachinhalt *Fahrplananordnungen und Fahrplanmitteilungen* wird von dem Fachinhalt *Befehle* getrennt und in den Fachinhalt *Fahrplanarten kennen* integriert.
- Der Fachinhalt *Befehle* wird vom Handlungsfeld *Rangierfahrten durchführen* unter das Handlungsfeld *Zugfahrten durchführen* verschoben.
- Der Fachinhalt *Zugfahrten sichern* wird unter das Handlungsfeld *Zugfahrten durchführen* verschoben.
- Der Fachinhalt *Definitionen kennen* wird um den Fachinhalt *Definition von außergewöhnlichen Sendungen* erweitert.

- Der Fachinhalt *außergewöhnliche Sendungen* wird in das 2. Ausbildungsjahr verschoben.
- Der Fachinhalt *Maßnahmen bei Unregelmäßigkeiten* wird in das 3. Ausbildungsjahr verschoben.
- Die Fachinhalte *Bauteile von Lokomotiven kennen* und *Ellok bedienen* werden zum Wahlfach.
- Der Fachinhalt *Auf Störungen reagieren* wird in das 3. Ausbildungsjahr verschoben.
- Der Fachinhalt *Tätigkeiten als Zugführer* wird unter das Handlungsfeld *Zugfahrt durchführen* verschoben
- Der bisher untergeordnete Fachinhalt *Teamfähigkeit* wird als eigener Fachinhalt aufgenommen.
- Der bisher untergeordnete Fachinhalt *Kommunikation* wird als eigener Fachinhalt aufgenommen.
- Das Handlungsfeld *Logistische Prozesse kennen* wird umbenannt in *Betriebswirtschaftliche Aspekte*
- Der bisher untergeordnete Fachinhalt *Betriebswirtschaft* wird als eigener Fachinhalt aufgenommen.

3. Donnerstag, 12.4.2012

- Das neue Handlungsfeld *Zusammenarbeit TP²²/BZ – Fdl/Tf, Zugfahrten disponieren, Leitsysteme bedienen* wird gebildet.
- Sechs Fachinhalte zur Disposition auf der BZ-Ebene werden neu hinzugefügt und dem neuen Handlungsfeld *Zusammenarbeit TP/BZ – Fdl/Tf, Zugfahrten disponieren, Leitsysteme bedienen* zugeordnet.
- Die betriebswirtschaftlichen Inhalte werden dem neuen Handlungsfeld *Betriebswirtschaftliche Aspekte* zugeordnet.
- Der Fachinhalt *Kommunikation* wird dem neuen Handlungsfeld *Kommunikation* zugeordnet.
- Fast alle Fachinhalte der Handlungsfelder *Wagentechnische Untersuchung durchführen* bzw. *Bremsprobe durchführen* werden als Wahlfach gekennzeichnet.
- Der Fachinhalt *Bremsstellung für Züge einstellen* wird als Schwerpunkt für die Fachrichtung LT markiert.
- Der Fachinhalt *Bremsstörungen suchen und beseitigen* wird als Schwerpunkt für die Fachrichtung LT markiert.

²²Die Transportleitung (TP) disponiert Triebfahrzeuge und Triebfahrzeugführer. Sie steht in direkter Verbindung zur BZ.

- Der Fachinhalt *Zusatzeinrichtungen Stellwerk* wird in das 1. Ausbildungsjahr verschoben.
- Der Fachinhalt *Sperren von Gleisen* wird in das 1. Ausbildungsjahr verschoben.
- Der Fachinhalt *Fahrzeuge/Personal disponieren* wird dem neuen Handlungsfeld *Zusammenarbeit TP/BZ – Fdl/Tf, Zugfahrten disponieren, Leitsysteme bedienen* zugeordnet.
- Der Fachinhalt *Befehle (Grundlagen, Arten und Übermittlungsart)* wird dem 1. Ausbildungsjahr zugeordnet, der restliche Fachinhalt *Befehle (Anwendungsfälle)* verbleibt im 2. Ausbildungsjahr.

Strukturelle Änderungen:

1. Dienstag, 10.4.2012

- Die inhaltliche Lücke im 2. Ausbildungsjahr (Handlungsfelder *Wagentechnische Untersuchung durchführen* bzw. *Bremsprobe durchführen*) ist problematisch. Es wurde vorgeschlagen, diese mit der Bearbeitung von Unfällen oder der Funkfernsteuerung aufzufüllen oder die IHK-Zwischenprüfung zu ändern.
- Im Einklang mit den Ergebnissen des ersten Expertentreffens sind die Handlungsfelder in berufliche Rand- (Handlungsfelder *Triebfahrzeuge bedienen, Logistische Prozesse kennen* und *Tätigkeiten als Zugschaffner/Zugführer*) sowie Kernbereiche (restliche Handlungsfelder) unterteilt worden.

2. Mittwoch, 11.4.2012

- Die Fachinhalte sollen stärker nach Fachrichtungen LT und F unterschieden sowie deutlich markiert werden. Diese sind in Form von Wahlfächern und Pflichtfächern umzusetzen.
- Es soll keine Rücksicht mehr auf die Inhalte der aktuellen Zwischenprüfung genommen werden. Als Folge ist eine konsistente Trennung nach dem hierarchisch abhängigen Wissen (vgl. Abschnitt 3.3.2, Seite 16) möglich.

3. Donnerstag, 12.4.2012

- Neben der Unterscheidung in Pflicht- und Wahlfächer ist auch eine Unterscheidung nach den Fachrichtungen LT und F nötig. Diese soll wieder deutlich markiert werden.
- Überkommene Technik wird aus den Fachinhalten entfernt. Insbesondere für mechanische Stellwerke werden nur noch die Bedienelemente in historischem Zusammenhang zugrunde gelegt. Ab dem Regelbetrieb entfällt das mechanische Stellwerk komplett. Analoges gilt für veraltete Streckenblockeinrichtungen.

Änderungswünsche zu den IHK-Prüfungen:**IHK-Zwischenprüfung (Praxisteil)**

- Das Anlegen des Handverschlusses 73 ist v. a. für die Fachrichtung LT unangebracht, für beide Fachrichtungen aber aufgrund der seltenen Anwendung praxisfremd. Dieser Bestandteil sollte weggelassen werden.
- Die Wagenprüfung könnte mit Überprüfung der Ladung (z. B. Lade-
maßüberschreitung oder Gefahrgut) durchgeführt werden. Ladungs-
mängel sollten geprüft werden.
- Zugbildungsvorschriften könnten wie in der Praxis auf der Ebene von
Computer-Software gelöst werden.
- Die Bremsprobe könnte mit einer (zu behebenden) Störung (z. B.
Bremsse mit dem Schlaufengriff ausgeschaltet) durchgeführt werden.
- Das Erden eines Fahrdrahtes könnte durchgeführt werden.
- Das Verstehen einer Betra (Bau- und Betriebsanweisung) könnte ge-
prüft werden.
- Das Sperren eines Gleises aufgrund einer Betra könnte durchgeführt
werden.
- Eine Weichenstörung (ohne Anlegen eines Handverschlusses 73) könnte
simuliert werden.
- Die Kommunikation könnte getestet werden (z. B. durch Meldungen
oder Aufträge mit oder ohne vorgeschriebenen Wortlaut an das Stell-
werkpersonal, die BZ oder die ZES²³).
- Ein Bahnübergang könnte gesichert werden.
- Eventuell könnte ein Schaltantrag gestellt werden.
- Die Anfertigung einer Arbeitsprobe (Lösen einer Aufgabe; z. B. Klein-
lok fahren, Stellwerksimulation durchführen) und eines Prüfstückes
(z. B. ausgefüllte Wagenliste, ausgefüllter Bremszettel) wurde als sinn-
voll erachtet.

²³Die Zentrale Einschaltstelle (ZES) ist zuständig für die 15 kV-Oberleitung.

IHK-Abschlussprüfung

- Theorieteil: Die Fragen zum Qualitätsmanagement sind ohne Bezug zu EiB-Tätigkeiten. Es sollte unbedingt ein direkter Bezug hergestellt werden.
- Theorieteil: Es sollte der Stoff der gesamten Ausbildung zugrunde gelegt werden.
- Praxisteil: Eine Zugprüfung könnte durchgeführt werden.

Am 25.4.2012 fand ab 12:30 Uhr das nachgelagerte Expertentreffen statt. Der Ablauf entsprach dem des oben beschriebenen Workshops. Es wurden keine inhaltlichen Änderungen gewünscht. Dem externen Experten sind die Materialien mit dem Stand des 25.4.2012 zugesendet worden. Auch er bat um keine inhaltlichen Änderungen.

4.6.2 Erweiterung der DACUM-Workshops

Die Erweiterung der DACUM-Workshops wurde wie geplant im Anschluss an jeden DACUM-Workshop durchgeführt. Einleitend beschrieb der Untersuchungsleiter anhand der Informationsmaterialien in Anhang B die Ziele, den aktuellen Forschungsstand (insbesondere die domänenübergreifenden Erkenntnisse zu Kompetenzmodellen in Erstausbildungen, vgl. Abschnitt 4.3.3) und die Vorgehensweise in der Arbeitsphase, die fast wie geplant verlief: Die Ausbildungsexperten arbeiteten gemeinschaftlich, diskutierten alle Inhalte und fixierten diese einvernehmlich. Aus zeitlichen Gründen konnten nicht alle Basisitems und Fachinhalte klassifiziert werden. Es wurde ein Kompetenzmodell besprochen, theoretisch fundiert abgeleitet und aus der Praxissicht hinterfragt. Ein Experte votierte gegen das anfänglich entwickelte Kompetenzmodell auf der 2. Subebene. Man beschloss daraufhin einstimmig, dass für das Fachwissen auf der zweiten Subebene die zwei Kompetenzen *Technik Stellwerk* und *Technik Bahnhof* getrennt dargestellt und untersucht werden sollten. Die Dokumentation ist hierfür nicht geändert worden, weil durch die Fachinhalte die Zuordnung eindeutig ist. Die Auswirkung der Ein- und Mehrdimensionalität in der kompensatorischen bzw. nicht-kompensatorischen Variante ist detailliert an konkreten Beispielen diskutiert worden.

4.6.3 Abschließende Tätigkeiten

Nach dem Ende des 2. Expertentreffens konnte sich ein Experte aus Zeitgründen nicht weiter beteiligen. Die Ausbildungsexperten einigten sich darauf, die vollständig ausgefüllte Liste innerhalb eines Monats an den Untersuchungsleiter zu senden. Dieser sammelte und integrierte diese Ergebnisse, bevor er die vorläufige Endversion an alle Experten versendete. Die Experten sendeten dem Untersuchungsleiter anschließend ihre Zustimmung oder

Änderungswünsche und den ausgefüllten Feedback-Bogen zu. Der Untersuchungsleiter übermittelte die Ergebnisse am 3.12.2013 ordnungsgemäß und wie abgesprochen an das BIBB (vgl. Anhang G).

Im Anschluss an das 2. Expertentreffen berechnete der Untersuchungsleiter im Abstand etwa eines Monats zweimal regelbasiert die Komplexität der Fachinhalte (vgl. Abschnitt 4.4.2, Datei Ergebnis2_120608_Fachinhalte_Komplexitaet.pdf und Anhang G). Dabei mussten die Fachinhalte A4 und A3 des ersten Ausbildungsjahres zur realistischen Abbildung von Abhängigkeiten in drei bzw. vier Teile untergliedert werden.

A4: Richtlinien: Umgang und Definitionen kennen

- Rangierfahrt
- Zugfahrt
- Rangier- und Zugfahrt

A3: Mitarbeiter im Betriebsdienst kennen

- Mitarbeiter im Betrieb
- Kommunikation/Neue Medien
- Fahrgastinformation/Fremdsprachen
- Notfallmanagement

Die Berechnung der Komplexität wurde in drei getrennten Ansätzen vorgenommen.

Ansatz P Berechnung nur der prozeduralen Abhängigkeiten

Ansatz DP Berechnung der deklarativen und prozeduralen Abhängigkeiten

Ansatz BDP Berechnung der deklarativen und prozeduralen Abhängigkeiten sowie Berücksichtigung der Lebens- und Betriebsgefahren

Eine Komplexitätsbetrachtung bezüglich anderer Abhängigkeiten ist inhaltlich nicht sinnvoll und entfällt hier.

4.7 Ergebnis: Fachinhalte und Kompetenzmodell

Abschnitt 4.7.1 präsentiert die Ergebnisse der überarbeiteten Fachinhalte (inklusive der Handlungsfelder und der Basisitems). Die Ergebnisse zu den ermittelten Komplexitäten stehen in Abschnitt 4.7.2, denen die Einschätzung der weiteren Eigenschaften der Fachinhalte (Abschnitt 4.7.3) und der Basisitems (Abschnitt 4.7.4) folgt. Das zur empirischen Validierung vorbereitete Kompetenzmodell ist abschließend in Abschnitt 4.7.5 dargestellt.

Insgesamt war die Anzahl und die Qualität der Beiträge der sieben teilnehmenden Experten vorbildlich (vgl. Abschnitt 4.6) und mit nur wenigen Ausnahmen wurden alle Ergebnisse gemeinsam besprochen und einhellig festgelegt. Auch dies zeigt die hervorragende Kenntnis der Richtlinien und der Berufspraxis. Die inhaltlichen Vorbereitungen, die nachgelagerte Integration externer Ausbildungsexperten und die fehlende Schulung des Untersuchungsleiters (vgl. Norton, 1997, S. 18) haben die Ergebnisse höchstwahrscheinlich nur marginal beeinflusst. Die Handlungsfelder mit zugehörigen Fachinhalten beinhalten mit Ausnahme der bewusst entfernten, überkommenen Stellwerktechnik (Norton, 1997, S. 23) alle Inhalte des rechtlichen Ausbildungsrahmens. Somit gelten als bestätigt:

- die Durchführungs- und Auswertungsobjektivität für die DACUM-Workshops (Äquivalenz, Anzahl und Qualität der Beiträge sowie ausreichende Praxiserfahrung),
- die Validität des DACUM-Workshops (Mindestanzahl hochqualifizierter Experten, insgesamt und nach Fachrichtungen getrennt; vgl. Abschnitte 4.6.1 und 4.4.1),
- die Objektivität und Reliabilität der DACUM-Ergebnisse (Anzahl und Qualität der Beiträge sowie Äquivalenz) und
- die Kriteriumsvalidität (komplett abgedeckte curriculare Inhalte).

4.7.1 Handlungsfelder, Fachinhalte und Basisitems

In diesem Abschnitt werden hintereinander die Ergebnisse zu den Handlungsfeldern, den Fachinhalten und den Basisitems dargelegt.

Handlungsfelder

Nach Knutzen, Howe und Hägele (n. d., S. 104), Rauner et al. (2001) bzw. Norton (1997, S. 28) sind sechs bis 16 Handlungsfelder in einem Beruf üblich. Den zehn bzw. acht hier entwickelten Handlungsfeldern sind Großbuchstaben zugeordnet (vgl. Tabelle 4.1).

Fachinhalte und Basisitems

Die Fachinhalte wurden den Handlungsfeldern zugeordnet und dabei codiert nach drei Ausbildungsjahren, nach Schwerpunkten für die Fachrichtungen LT oder F, sowie nach Pflicht- und Wahlinhalten unterschieden. Mit folgender Legende sind diese Angaben aus der mehrseitigen Tabelle 4.3 herauszulesen (vgl. Datei Ergebnis0_120608_Handlungsfelder_Fachinhalte.pdf, Anhang G).

Tabelle 4.1: Handlungsfelder

<i>Handlungsfeld</i>	
A	Grundlagen des Betriebsdienstes kennen
Ba	Wagentechnische Untersuchung durchführen
Bb	Bremsprobe durchführen
C	Rangierfahrt durchführen, Fahrzeuge festlegen und Züge bilden
D	Zugfahrt durchführen
E	Stellwerk bedienen
F	Triebfahrzeug bedienen
Ga	Tätigkeiten als Zugschaffner durchführen
Gb	Zusammenarbeit Transportleitung/Betriebszentrale – Fdl/Tf, Zugfahrten disponieren, Leitsysteme bedienen
H	Logistische Prozesse und Betriebswirtschaft kennen

- Hintergrundfarbe der 1. Spalte: Codierung nach Ausbildungsjahren

weiß 1. Ausbildungsjahr

hellgrau 2. Ausbildungsjahr

dunkelgrau 3. Ausbildungsjahr

- Hintergrundfarbe der 2. Spalte: Codierung nach Inhalten (vgl. Tabelle 4.2)

Tabelle 4.2: Legende zur Tabelle der Fachinhalte

<i>Farbe</i>	<i>Verpflichtung für EiB</i>	<i>Schwerpunkt für EiB</i>
weiß	LT und F	LT und F
orange	LT und F	LT
gelb	LT und F	F
blau	LT	–
grün	F	–
lila	Wahlfach für LT und F	–

Tabelle 4.3: Fachinhalte der Handlungsfelder A – H

<i>A</i>	<i>Grundlagen des Betriebsdienstes kennen</i>
A1	Oberleitung (Aufbau, Bauteile) kennen
A2	Oberbau kennen
A3	Mitarbeiter im Betriebsdienst kennen
A4	Richtlinien: Umgang und Definitionen kennen
A5	Stellwerk kennen
A6	Weichen kennen
A7	Signale kennen
A1	Verhalten bei Signalstörungen, Signalabhängigkeit kennen
A2	Bahnplansymbole kennen
A3	Sicherungs-/Signalsysteme kennen
A4	Fahrplanarten (Fplm, Fplo) kennen
A5	Bahnübergänge bedienen und sichern
A6	Befehle – Arten und Übermittlung kennen
A7	Aufgaben des Ortspersonals kennen
A1	Maßnahmen bei Gefahr ergreifen
A2	Verhalten bei Personen/Tieren/Gegenständen im Gleis
A3	Halt aus unvorhergesehenem Anlass
A4	Unfälle beurteilen
<i>Ba</i>	<i>Wagentechnische Untersuchung durchführen</i>
<i>Bb</i>	<i>Bremsprobe durchführen</i>
Ba1	Bremsen kennen
Ba2	Reisezugwagen prüfen
Ba3	Güterwagen prüfen
Ba1	Betriebssicherheit/Verkehrstauglichkeit prüfen
Ba2	Schäden feststellen
Ba3	Ladungssicherung/Komforteinrichtungen/Berner Raum prüf.
Ba4	Fehlersuchstrategien anwenden
Ba5	Auf Unregelmäßigkeiten reagieren
Bb6	Bremsstellung für Züge einstellen
Bb7	Bremsprobe durchführen
Bb8	Wagenliste erstellen
Bb9	Bremszettel erstellen
Bb10	Bremsleistung ermitteln
Bb1	Bremsstörungen suchen und beseitigen

<i>C</i>	<i>Rangierfahrt durchführen, Fahrzeuge festlegen und Züge bilden</i>
C1	Definitionen zu Rangierfahrten kennen, gezogene Rangierfahrt durchführen
C2	Wagen kuppeln
C3	Geschobene Rangierfahrt mit/ohne Funk durchführen
C4	Ablaufbetrieb kennen
C5	Wagen abstoßen
C6	Züge bilden
C1	Vorgaben zur Fahrt herstellen
C2	Rangierfahrt vorbereiten
C3	Mit Rangierfahrt verständigen
C4	Rangierstraßen einstellen
C5	Zustimmung zur Rangierfahrt geben
C6	Rangierfahrt durchführen
C7	Bahnübergang für Rangierfahrt sichern, aufgefahrene Weiche räumen
C8	Einschränkungen beim Ablaufen/Abstoßen kennen
C9	Vorsichtswagen einstellen
C10	Zugfahrten sichern
C11	Besondere Rangierfahrten
C12	Fahrzeug festlegen/abstellen/sichern
C13	Zugbildungsregeln umsetzen
C1	Auf Unregelmäßigkeiten/Unfälle beim Rangieren reagieren

<i>D</i>	<i>Zugfahrt durchführen</i>
D1	Definitionen (auch außergewöhnliche Sendung) kennen
D2	Außergewöhnliche Sendung befördern
D3	Übergang Rangierfahrt – Zugfahrt durchführen
D1	Triebfahrzeug/Zug vorbereiten
D2	Abfahrbereitschaft herstellen und Fertigmeldung
D3	Fahrweg einstellen und sichern
D4	Zustimmung des Fahrdienstleiters zur Fahrt geben
D5	Tätigkeiten als Zugführer
D6	Abfahrauftrag geben/Zugaufsicht wahrnehmen
D7	Zugfahrt durchführen
D8	Außergewöhnliche Sendung befördern
D9	Zugfahrt beenden
D10	Fahrordnung im Stellwerksbereich kennen
D11	Zugmeldungen geben/dokumentieren
D12	Nothalt geben/bei Gefahr richtig verhalten
D13	Besondere Betriebsweisen kennen
D14	Zugfahrten im Regelbetrieb durchführen
D1	Besonderheiten im Regelbetrieb umsetzen
D2	Auf Fehler reagieren
D3	Auf Störungen reagieren
D4	Auf Unregelmäßigkeiten reagieren
D5	Auf Bremsstörungen von Zügen reagieren
D6	Maßnahmen bei Unregelmäßigkeiten ergreifen

<i>E</i>	<i>Stellwerk bedienen</i>
E1	Stellwerk-Bauarten kennen
E2	Stellwerk-Einrichtungen kennen
E3	Zusatzeinrichtungen Stellwerk
E4	Sperren von Gleisen
E5	Aufgaben ZES/SBS kennen
E6	Schaltanträge stellen und umsetzen
E7	Dokumentieren/Einträge vornehmen
E1	Fahrten ohne Signale durchführen
E2	Von der Fahrordnung im Bahnhof abweichen
E3	Auf Besonderheiten bei Zugfahrten reagieren
E4	Stellwerk im Regelbetrieb für Rangierfahrt bedienen
E5	Besonderheiten bei der Stellwerk-Bedienung für Rangierfahrten
E6	Stellwerk im Regelbetrieb für Zugfahrten bedienen
E7	Besonderheiten bei der Stellwerk-Bedienung für Zugfahrten
E8	Streckenblock bedienen
E1	Auf Störungen an Außenanlagen reagieren
E2	Auf Störungen von Innenanlagen reagieren
<i>F</i>	<i>Triebfahrzeug bedienen</i>
F1	Traktionsarten kennen
F2	Bauteile von Loks kennen
F3	Triebfahrzeugbremsen kennen
F1	Hauptkenndaten und Mechanik von Triebfahrzeugen kennen
F2	Ellok bedienen
F3	Diesellok bedienen
F4	Systeme und Hilfsbetriebe kennen
F5	Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten durchführen
F1	Störungen suchen
F2	Auf Störungen reagieren

<i>Ga</i>	<i>Tätigkeiten als Zugschaffner durchführen</i>
<i>Gb</i>	<i>Zusammenarbeit Transportleitung/Betriebszentrale – Fdl/Triebfahrzeugführer, Zugfahrten disponieren, Leitsysteme bedienen</i>
Ga1	Tarifwesen kennen
Ga2	Fahrkarten kontrollieren
Ga3	Besonderheiten als Zugschaffner kennen
Ga4	Auskünfte erteilen/Durchsagen geben
Gb1	Kommunikation
Gb2	Dispositionsziele
Gb3	Betriebsleitstellen/Transportleitstellen
Gb4	Regelungen zur Zugreihenfolge anwenden
Gb5	Weisungsbefugnisse anwenden
Gb6	Reaktion auf Unregelmäßigkeiten
Gb7	Fahrzeuge/Personal disponieren
<i>H</i>	<i>Logistische Prozesse und Betriebswirtschaft kennen</i>
H1	Betriebswirtschaftliche Aspekte kennen
H2	Kundenauftrag annehmen
H3	Kundenangebot erstellen
H4	Maßnahmen bei gestörter Transportkette ergreifen

Nach Umsetzung aller beschlossenen Änderungen decken alle acht Handlungsfelder, 117 Fachinhalte und 209 Basisitems (für EiB/LT und EiB/F) immer noch alle Inhalte des rechtlichen Ausbildungsrahmens (abgesehen von der veralteten Stellwerktechnik) ab. Da das hierarchisch abhängige Wissen (vgl. Seite 16) konsequent umgesetzt wurde, müssen die aktuellen Prüfungsinhalte der IHK angepasst werden (vgl. Abschnitt 4.6.1).

4.7.2 Komplexität von Fachinhalten und Basisitems

Im Detail werden hintereinander die Ergebnisse zur Komplexität von Fachinhalten (vgl. Datei Ergebnis2_120608_Fachinhalte_Komplexitaet.pdf, Anhang G) und von Basisitems (vgl. Datei Ergebnis5_120608_Basisitems_Komplexitaet.pdf, Anhang G) dargelegt.

Komplexität von Fachinhalten

Die Komplexitätszahlberechnung ist innerlich reliabel (vgl. Abschnitt 4.4.2), da die Abweichung zwischen beiden Berechnungen des Untersuchungsleiters etwa 3 % beträgt. Die nach den Regeln in Abschnitt 4.4.4 im ersten Durchlauf

berechneten Komplexitätsergebnisse für die Fachinhalte werden nachfolgend entsprechend der Ansätze P, DP und BDP (vgl. Abschnitt 4.6.3) dargestellt.

Fachinhaltskomplexität mit dem Ansatz P: Die maximale Komplexität bei nur prozeduralen Abhängigkeiten liegt bei 686. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 4.4.

Tabelle 4.4: Fachinhaltskomplexität nur prozeduraler Fachinhalte: Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) und gleichverteilten Niveaustufen I – V wurde die prozedurale Komplexitätszahl (Maximum: 686) ermittelt. Neben den absoluten Häufigkeiten N_j^P sind auch die Mediane M_j^P je Jahr j angegeben.

<i>Jahr</i>		<i>Sehr gering</i> <i>I : [0; 136]</i>	<i>Gering II</i> <i>[137; 273]</i>	<i>Mittel III</i> <i>[274; 410]</i>	<i>Hoch IV</i> <i>[411; 547]</i>	<i>Sehr hoch V</i> <i>[548; 686]</i>
1	N_1^P	35	0	0	0	0
	M_1^P	4	–	–	–	–
2	N_2^P	51	3	2	0	8
	M_2^P	17	230	281,5	–	599,5
3	N_3^P	8	0	0	0	12
	M_3^P	18,5	–	–	–	644,5
1–3	N_{1-3}^P	94	3	2	0	20

Berechnet man den Median $M_{Niveau\ I-V, j}^P$ der Komplexitätszahlen getrennt nach Ausbildungsjahren j , aber über alle Niveaustufen, erhält man eine Aussage zu dem Komplexitätsniveau (I – V) jedes Ausbildungsjahres.

- 1. Jahr: $M_{Niveau\ I-V, 1}^P$ beträgt 4, also Niveau I (sehr gering).
- 2. Jahr: $M_{Niveau\ I-V, 2}^P$ beträgt 26,5, also Niveau I (sehr gering).
- 3. Jahr: $M_{Niveau\ I-V, 3}^P$ beträgt 607,5, also Niveau V (sehr hoch).

Da insbesondere im dritten Ausbildungsjahr die Fachinhalte für Unregelmäßigkeiten gruppiert dargestellt sind, wurden alle Komplexitätszahlen zur Berechnung der mittleren Komplexität über die Gesamtausbildung mit dem entsprechenden Faktor analog der Anzahl der Basisitems gewichtet (z. B. Fachinhalt D4 des 3. Ausbildungsjahres mit Faktor 20). Diese mittlere Komplexitätszahl beträgt 306,62 (Komplexitätsniveau analog zu Tabelle 4.4).

Fachinhaltskomplexität mit dem Ansatz DP: Die maximale Komplexität bei deklarativen und prozeduralen Abhängigkeiten liegt bei 4848. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 4.5.

Fachinhaltskomplexität mit dem Ansatz BDP: Die maximale Komplexität bei deklarativen und prozeduralen Abhängigkeiten sowie Lebens- und Betriebsgefahren liegt bei 4963. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 4.6.

Tabelle 4.5: Fachinhaltskomplexität deklarativer und prozeduraler Fachinhalte: Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) und gleichverteilten Niveaustufen I – V wurde die prozedurale Komplexitätszahl (Maximum: 4848) ermittelt. Neben den absoluten Häufigkeiten N_j^{DP} sind auch die Mediane M_j^{DP} je Jahr j angegeben.

<i>Jahr</i>		<i>Sehr gering</i> <i>I:</i> [0; 969]	<i>Gering II</i> [970; 1939]	<i>Mittel III</i> [1940; 2909]	<i>Hoch IV</i> [2910; 3879]	<i>Sehr hoch V</i> [3880; 4848]
1	N_1^{DP}	35	0	0	0	0
	M_1^{DP}	46	–	–	–	–
2	N_2^{DP}	51	2	3	0	8
	M_2^{DP}	148	1885	2106	–	4490
3	N_3^{DP}	8	0	0	0	12
	M_3^{DP}	138,5	–	–	–	4581

Tabelle 4.6: Fachinhaltskomplexität deklarativer und prozeduraler Fachinhalte inklusive Lebens- und Betriebsgefahren: Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) und gleichverteilten Niveaustufen I – V wurde die prozedurale Komplexitätszahl (Maximum: 4963) ermittelt. Neben den absoluten Häufigkeiten N_j^{BDP} sind auch die Mediane M_j^{BDP} je Jahr j angegeben.

<i>Jahr</i>		<i>Sehr gering</i> <i>I:</i> [0; 992]	<i>Gering II</i> [993; 1985]	<i>Mittel III</i> [1986; 2978]	<i>Hoch IV</i> [2979; 3971]	<i>Sehr hoch V</i> [3972; 4963]
1	N_1^{BDP}	35	0	0	0	0
	M_1^{BDP}	46	–	–	–	–
2	N_2^{BDP}	51	2	3	0	8
	M_2^{BDP}	148	1932	2159	–	4596
3	N_3^{BDP}	8	0	0	0	12
	M_3^{BDP}	242,5	–	–	–	4689

Interpretation der Rechenergebnisse: Während die fachlichen Inhalte der Grundstufe noch sehr geringe Komplexität aufweisen, ist diese im dritten Ausbildungsjahr sehr hoch. Dennoch zeigt das zweite Ausbildungsjahr bereits deutlich den Übergang zur sehr hohen Komplexität. Sehr einfache, meist definitorische Fachinhalte, die noch wenig vernetzt sind, werden dabei bis weit in das zweite Ausbildungsjahr hinein – und sogar häufiger als im ersten Ausbildungsjahr – vermittelt. Die Vermittlung der regelbetrieblichen Fachinhalte im zweiten Ausbildungsjahr manifestiert sich im Kern als eine Mischung sehr einfacher und sehr hoch komplexer Fachinhalte.

Beim Vergleich der absoluten Häufigkeiten N_j^{Ansatz} in den drei Tabellen fällt auf, dass im zweiten Ausbildungsjahr bei der geringen und mittleren Komplexität unbedeutende Abweichungen auftreten. Ansonsten zeigen diese trotz unterschiedlicher Ansätze fast identische Werte. Dies könnte daran liegen, dass mit fast jedem Fachinhalt des sicherheitsrelevanten Berufes auch Lebens- oder Betriebsgefahren verbunden sind. Überraschend hingegen ist, dass die Komplexitätszahl sich kaum verändert, wenn zu den prozeduralen Abhängigkeiten die deklarativen hinzugerechnet werden. Nach der Grundstufe steigt der Median der sehr leichten, überwiegend deklarativen Fachinhalte gering an und der Median der sehr hoch komplexen Inhalte nimmt zu; andere Niveaustufen sind nicht mehr vertreten. Obwohl im dritten Ausbildungsjahr sowohl nach dem rechtlichen Ausbildungsrahmen als auch nach dem hierarchisch abhängigen Wissen (Seite 16) nur Unregelmäßigkeiten vermittelt werden, treten trotzdem erstaunlicherweise auch dann noch sehr leichte Fachinhalte auf, die offenbar in die sehr hoch komplexen eingespleißt werden. Im Weiteren genügt es also, sich auf die prozeduralen Abhängigkeiten in Tabelle 4.4 zu beziehen.

Das dritte Ausbildungsjahr verzeichnet von insgesamt 20 Fachinhalten zwölf mit einer sehr hohen Komplexität (60 %). Das zweite Ausbildungsjahr besteht zu 80 % aus Fachinhalten mit sehr geringer Komplexität, weswegen diese im Grundsatz trotz der erkennbaren Übergangsphase wie im ersten Ausbildungsjahr eingestuft werden sollte. Die Fachinhalte in der gesamten Ausbildung sind mit der mittleren Komplexitätszahl 306,62 auf mittlerem Niveau komplex.

Als problematisch bei der Berechnung könnte der Detaillierungsgrad der Fachinhalte angesehen werden. Bei detaillierterer Auflistung von Teilhandlungen steigt zwar die einzelne Komplexitätszahl, jedoch würde auch mit dieser die maximale Komplexitätszahl ansteigen und die lineare Aufteilung der Skala verschoben. Es ist naheliegend, dass sich bedeutende Verschiebungen im Skalenbereich nur dann auf die hier dargelegten Ergebnisse ergeben, wenn unverhältnismäßig einseitig nur bestimmte Fachinhalte detaillierter betrachtet werden. Beim zweiten Expertentreffen wurde ein fehlender Detaillierungsgrad zu keinem Zeitpunkt bemängelt.

Komplexität von Basisitems

Indem die Experten alle Einschätzungen gemeinsam besprochen und einstimmig festgelegt haben, sind die Ergebnisse reliabel (vgl. Abschnitt 4.4.2). Tabelle 4.7 stellt die Einschätzungsergebnisse summativ dar.

Tabelle 4.7: Absolute Häufigkeit der Basisitemkomplexität:

Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) und Niveaustufen I – V wurde die absolute Häufigkeit der von Ausbildungsexperten eingeschätzten Basisitemkomplexität ermittelt. Zusätzlich sind die Gesamtanzahl der Basisitems N_j^{ges} und der Median M_j je Ausbildungsjahr j angegeben. Die letzte Zeile bietet analog einen Gesamtüberblick über alle Ausbildungsjahre.

<i>Jahr</i>	<i>Sehr gering</i> <i>I</i>	<i>Gering</i> <i>II</i>	<i>Mittel</i> <i>III</i>	<i>Hoch</i> <i>IV</i>	<i>Sehr hoch</i> <i>V</i>	N_j^{ges}	M_j
1	14	7	21	0	1	43	mittel
2	8	13	46	3	3	73	mittel
3	1	1	20	19	48	89	sehr hoch
1–3	23	21	87	22	52	205	mittel

Interpretation der Experteneinschätzungen: Die Experten haben die Komplexität von 205 Basisitems für EiB/F (von insgesamt 209 Basisitems für alle EiB) eingeschätzt. Abgesehen von dem ersten Ausbildungsjahr, in dem die absoluten Häufigkeiten für Niveau I und III zwei hohe Werte aufweisen, zeigen die Verteilungen im zweiten und dritten Ausbildungsjahr einen deutlichen Zentralwert mit 46 von 73 Basisitems auf mittlerem Niveau bzw. 48 von 89 Basisitems auf sehr hohem Niveau. In der Grundstufe liegt der Median auf mittlerem Komplexitätsniveau, im dritten Ausbildungsjahr auf sehr hohem. Im ersten Ausbildungsjahr liegt eine Tendenz zur geringen Komplexität vor ($\frac{1}{4}$ -Quartil = *Niveau I*). Die Gesamtkomplexität der Ausbildung schätzten die Ausbildungsexperten auf mittlerem Niveau ein, wobei auch hier ein deutlicher Zentralwert (87 Basisitems) auf dem Niveau III und ein erhöhter Wert (52 Basisitems) bei Niveau V auftritt. Das zweite Ausbildungsjahr zeigt sich deutlich als Übergangsphase vom ersten zum dritten Ausbildungsjahr.

Dies ist deutlicher in Tabelle 4.8 zu erkennen, in der die relativen Basisitemkomplexitätshäufigkeiten der Komplexitätsniveaus I und II bzw. III und IV zusammengefasst wurden. Während das erste Ausbildungsjahr trotz eines deutlichen Schwerpunktes bei der geringeren Komplexität gerade noch zur mittleren Schwierigkeit zugeordnet werden kann, ist die Zuordnung im zweiten Ausbildungsjahr zur mittleren Schwierigkeit sehr gut und überzeugend nachvollziehbar. Auch die Experteneinschätzung für das dritte Ausbildungsjahr ist – ähnlich wie im ersten Ausbildungsjahr – relativ knapp ausgefallen. Nur knapp über 50 % der Basisitems sind mit sehr hoher Komplexität eingestuft worden. Betrachtet man jedoch die Verteilung der Experteneinstufung auf den beiden niedriger eingestuften Komplexitätsniveaus III und IV

Tabelle 4.8: Relative Häufigkeiten der Basisitemkomplexität:

Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) und Niveaustufen I – II, III – IV und V wurde die relative Häufigkeit der von Ausbildungsexperten eingeschätzten Basisitemkomplexität ermittelt. Zusätzlich sind die Gesamtanzahl der Basisitems N_j^{ges} und der Median M_j je Ausbildungsjahr j angegeben. Die letzte Zeile bietet analog einen Gesamtüberblick über alle Ausbildungsjahre. Einige Maximalwerte sind farblich unterlegt.

<i>Jahr</i>	<i>Sehr gering–Gering</i> <i>I – II [%]</i>	<i>Mittel–Hoch</i> <i>III – IV [%]</i>	<i>Sehr hoch</i> <i>V [%]</i>	N_j^{ges}	M_j
1	48,8	48,8	ca. 2	43	mittel–hoch
2	28,8	67,1	ca. 4	73	mittel–hoch
3	ca. 2	43,8	53,9	89	sehr hoch
1–3	21,4	53,2	25,4	205	mittel–hoch

in Tabelle 4.7 (20 Basisitems mit mittlerer bzw. 19 mit hoher Komplexität), dann ist der Median für das dritte Ausbildungsjahr wieder nachvollziehbar angegeben.

Ableich der ermittelten Komplexitäten

Tabelle 4.9 stellt die ermittelten Mediane $M_{Niveau\ I-V, j}^P$ (vgl. Seite 57) mit der mittleren Komplexitätszahl für die Gesamtausbildung und M_j (vgl. Tabelle 4.7) je Ausbildungsjahr j gegenüber.

Tabelle 4.9: Abgleich von Fachinhalts- und Basisitemkomplexitäten

<i>Jahr</i>	<i>Fachinhaltskomplexität</i>	<i>Basisitemkomplexität</i>
1	sehr gering	mittel (Tendenz: Gering)
2	sehr gering	mittel
3	sehr hoch	sehr hoch
1–3	mittel	mittel

Interpretation der Komplexitätsbetrachtungen: Abgesehen von einer Tendenz zur Mitte bzw. einer einheitlichen Normierung der Skalenniveaus sind beide Ergebnisse trotz vieler unbekannter Rahmenbedingungen (z.B. Gewichtung, Niveauskalierung und Detaillierungsgrad) fast identisch. Beide Angaben klassifizieren die Komplexität in der Fachausbildung als mittel, wobei die Grundstufe etwa gleich (weniger komplex) und das dritte Ausbildungsjahr als sehr komplex eingestuft wurde. Mit den stimmigen Ergebnissen kann die in Abschnitt 3.3.2 von dem ersten Expertentreffen vermutete Komplexität des zu vermittelnden kognitiven Wissens bestätigt und spezifiziert werden und die Tendenzaussagen aus Abschnitt 4.4.2 werden objektiv und reliabel.

Insbesondere hinsichtlich einer individuellen Verkürzung der Ausbildung ist dieses Ergebnis bedeutend. Weder das Zwischenprüfungsergebnis der IHK noch die Leistungen der Auszubildenden in der Grundstufe sind hierfür hinreichende Entscheidungsgrundlagen. Die Auszubildenden empfinden insbesondere das zweite Ausbildungsjahr als besonders schwierig (vgl. die Motivationsreduktion im 2. Ausbildungsjahr nach Abschnitt 3.3.2). Dies ist erklärbar, weil sich im zweiten Ausbildungsjahr viele Fachinhalte erstmalig verknüpfen und sie die Schwierigkeit nicht absolut vom Ausbildungsende her betrachten (wie in dieser Untersuchung), sondern in Bezug auf die individuelle Entwicklung in der Ausbildung.

4.7.3 Weitere Eigenschaften von Fachinhalten

Die Daten zu allen weiteren untersuchten Eigenschaften der Fachinhalte und insbesondere die Anmerkungen der Ausbildungsexperten zu dem Kontext und dem Unterstützungs- bzw. Strategiewissen sowie den Expertenregeln sind den Dateien *Ergebnis1_120608_Fachwissen_Detailinhalte.pdf* und *Ergebnis3_120608_Fachinhalte_weitereEigenschaften.pdf* (vgl. Anhang G) zu entnehmen. Die absoluten Häufigkeiten der 117 Fachinhalte nach Ausbildungsjahren (Jahr) und Handlungsfeldern (A – H) zeigt Tabelle 4.10. Die

Tabelle 4.10: Absolute Häufigkeit von Fachinhalten je Handlungsfeld

<i>Jahr</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	Σ
1	7	3	6	3	7	3	4	0	33
2	7	10	13	14	8	5	7	0	64
3	4	1	1	6	2	2	0	4	20
1–3	18	14	20	23	17	10	11	4	117

absoluten und relativen Häufigkeiten der Fachinhaltseigenschaften sind – nach Ausbildungsjahren (Jahr) bzw. absoluter Häufigkeit der Fachinhalte (N_F) unterteilt – aus den Tabellen 4.11 und 4.12 abzulesen.

Tabelle 4.11: Weitere Eigenschaften der Fachinhalte I:

Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) bzw. absoluter Häufigkeit der Fachinhalte (N_F) sind absolute und relative Häufigkeiten zu den Wissensarten angegeben.

<i>Jahr</i>	N_F	<i>Deklarativ</i>	<i>Prozedural</i>	<i>Kontextuell</i>
1	33	33 (100 %)	17 (52 %)	9 (27 %)
2	64	64 (100 %)	56 (88 %)	15 (23 %)
3	20	20 (100 %)	19 (95 %)	8 (40 %)
1–3	117	117 (100 %)	92 (79 %)	32 (27 %)

Tabelle 4.12: Weitere Eigenschaften der Fachinhalte II:

Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) bzw. absoluter Häufigkeit der Fachinhalte (N_F) sind absolute und relative Häufigkeiten zu konstituiven Teilfähigkeiten (NRek.: nicht-rekurrierend, Rek.: rekurrierend) sowie zu dem Unterstützungs- und Strategiewissen (US) sowie zu Expertenregeln (E) und Anmerkungen zum Kontext (K) angegeben.

<i>Jahr</i>	<i>N_F</i>	<i>NRek.</i>	<i>Rek.</i>	<i>US</i>	<i>E</i>	<i>K</i>
1	33	16 (48 %)	4 (12 %)	10 (30 %)	4 (12 %)	5 (15 %)
2	64	55 (86 %)	6 (9 %)	28 (44 %)	2 (3 %)	6 (9 %)
3	20	19 (95 %)	3 (15 %)	5 (25 %)	3 (15 %)	6 (30 %)
1–3	117	90 (77 %)	13 (11 %)	43 (37 %)	9 (8 %)	17 (15 %)

Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind von den Ausbildungsexperten gemeinsam besprochen und einvernehmlich festgelegt worden, wodurch sie objektiviert und reliabel (vgl. Abschnitt 4.4.3) werden. Bei der Interpretation bezüglich der Fachinhalts-Eigenschaften ist zu berücksichtigen, dass für einen Fachinhalt auch mehrere, zunächst scheinbar widersprüchliche Angaben erfolgen können. So kann ein Fachinhalt sowohl rekurrierend als auch nicht-rekurrierend sein, indem Teilhandlungen diese Eigenschaften besitzen (vgl. van Merriënboer und Kirschner, 2007, S. 24 ff.).

Die Übersicht am Anfang dieses Abschnittes legt nahe, die Handlungsfelder G und H bei einer Curriculumbildung zusammenzufassen. Ansonsten gibt es keine Jahreslücken bei den Handlungsfeldern. Nach Tabelle 4.11 beinhaltet jeder Fachinhalt deklarative Wissensarten. Die prozeduralen Fachinhalte nehmen mit fortschreitender Ausbildung (51 % → 87,5 % → 95 %) zu. Die kontextuellen Fachinhalte sind in der Grundstufe mit 23 % – 27 % seltener vertreten als in dem 3. Ausbildungsjahr (40 %). Dies intensiviert den bereits festgestellten Komplexitätsunterschied (vgl. Abschnitt 4.7.2) zu der Grundstufe.

Die Fachinhalte sind überwiegend nicht-rekurrierend, während nur 9 % bis 15 % der Fachinhalte rekurrierend sind. Jedoch gibt es viele fachliche Hilfen (vgl. US, E und K in der Tabelle 4.12), wodurch die Vermittlung der Fachinhalte wesentlich erleichtert werden kann. Für zukünftige Ausbildungsexperten sollte unbedingt ein Ziel sein, sich diese Hilfen anzueignen.

Damit sind die angestrebten Klassifizierungsziele für die Fachinhalte (vgl. Abschnitt 4.4.3) erbracht.

4.7.4 Weitere Eigenschaften von Basisitems

Der Datei Ergebnis6_120608_Basisitems_weitereEigenschaften.pdf (vgl. Anhang G) sind die Daten zu den weiteren untersuchten Eigenschaften der Basisitems zu entnehmen. Die absoluten Häufigkeiten der 205 Basisitems

nach Ausbildungsjahren (Jahr) und Handlungsfeldern (A – H) zeigt Tabelle 4.13.

Tabelle 4.13: Absolute Häufigkeit von Basisitems je Handlungsfeld

<i>Jahr</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	Σ
1	8	10	6	3	9	3	4	0	43
2	9	10	16	15	11	5	7	0	73
3	5	1	1	75	5	2	0	4	89
1–3	22	21	23	89	25	10	11	4	205

Die Ausbildungsexperten haben alle Basisitems als typisch, relevant, wichtig und klar klassifiziert sowie alle mit curricularer Anbindung identifiziert. Die absoluten und relativen Häufigkeiten der Basisitemeigenschaften sind – nach Ausbildungsjahren (Jahr) bzw. absoluter Häufigkeit der Basisitems (N_B) unterteilt – aus den Tabellen 4.14, 4.15 und 4.16 abzulesen.

Tabelle 4.14: Weitere Eigenschaften der Basisitems I:

Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) bzw. absoluter Häufigkeit der Basisitems (N_B) sind absolute und relative Häufigkeiten der Basisitems mit stochastischer Abhängigkeit (Stoch. Abh.), zu langem Response (Zu lang) und vermuteter Eindimensionalität (Eindimensional) angegeben.

<i>Jahr</i>	N_B	<i>Stoch. Abh.</i>	<i>Zu lang</i>	<i>Eindimensional</i>
1	43	4 (9 %)	11 (26 %)	22 (51 %)
2	73	16 (22 %)	12 (16 %)	14 (19 %)
3	89	8 (9 %)	5 (6 %)	0 (0 %)
1–3	205	28 (14 %)	28 (14 %)	36 (18 %)

Tabelle 4.15: Weitere Eigenschaften der Basisitems II:

Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) bzw. absoluter Häufigkeit der Basisitems (N_B) sind absolute Häufigkeiten von Basisitems verteilt auf die kognitiven Prozessdimensionen (Erin.: erinnern, Verst.: verstehen, Anw.: anwenden, Anal.: analysieren, Bew.: bewerten und Ersch.: erschaffen) angegeben.

<i>Jahr</i>	N_B	<i>Erin.</i>	<i>Verst.</i>	<i>Anw.</i>	<i>Anal.</i>	<i>Bew.</i>	<i>Ersch.</i>
1	43	43	43	9	0	0	0
2	73	73	73	33	4	4	1
3	89	89	89	77	3	3	2
1–3	205	205	205	119	7	7	3

Tabelle 4.16: Weitere Eigenschaften der Basisitems III:

Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) bzw. absoluter Häufigkeit der Basisitems (N_B) sind absolute und relative Häufigkeiten von Basisitems verteilt auf die domänenübergreifend vermuteten Niveaustufen I – IV (vgl. Abschnitt 4.3.3, Seite 31) angegeben.

<i>Jahr</i>	N_B	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
1	43	1 (2 %)	38 (88 %)	4 (9 %)	1 (2 %)
2	73	1 (1 %)	63 (86 %)	6 (8 %)	3 (4 %)
3	89	1 (1 %)	28 (31 %)	57 (64 %)	10 (11 %)
1–3	205	3 (1 %)	129 (63 %)	67 (33 %)	14 (7 %)

Interpretation der Itemeigenschaften

Die Ausbildungsexperten haben alle Klassifizierungen und Zuordnungen gemeinsam besprochen und einvernehmlich festgelegt, wodurch die Ergebnisse objektiviert sowie reliabel und deren Entwicklung objektiv werden.

Die Handlungsfelder G und H wieder integriert betrachtend, sind zu allen Handlungsfeldern und Fachinhalten Basisitems entwickelt worden. Die 205 Basisitems bilden einen umfangreichen Pool berufstypischer, relevanter, wichtiger und klarer Aufgaben mit einer Fundierung sowohl in dem rechtlichen Ausbildungsrahmen als auch in den hier überarbeiteten Handlungsfeldern.

Basisitemeigenschaften zur Vorbereitung der Kompetenzmodelle

In Vorbereitung des Abschnittes 4.7.5 werden hier die Ergebnisse der Basisitems bezüglich der Kompetenzmodelle angegeben.

Nach Tabelle 4.14 müssen 28 von insgesamt 205 Basisitems (14 %) bezüglich der stochastischen Abhängigkeit entweder a priori bei der Ableitung von Items oder post-hoc durch die Statistik beachtet werden. Die Vermutung, dass die stochastische Abhängigkeit insbesondere im dritten Ausbildungsjahr mit der sehr hohen Komplexität zusammenhängt, kann aufgrund der hier vorliegenden Daten nicht bestätigt werden. Trotzdem muss die Trennschärfe bei der empirischen Validierung der zu entwickelnden Items im dritten Ausbildungsjahr besonders beachtet werden. 28 Basisitems haben einen zu umfangreichen Response. Bei der Ableitung der Items müssen aus diesen Basisitems mehrere möglichst stochastisch unabhängige Items gebildet werden. Als Rahmen werden jeweils etwa sieben Chunks empfohlen (vgl. Abschnitt 4.4.4). Im dritten Ausbildungsjahr kann die Aufteilung sehr hoch komplexer Fachinhalte problematisch werden. Bezüglich der kognitiven Prozessdimensionen in Tabelle 4.15 decken die meisten Basisitems die Teilbereiche Erinnern, Anwenden und Verstehen ab. Die Analytik und die Bewertung treten durch das primäre Einhalten vorgegebener Handlungen nach den Richtlinien deutlich in den Hintergrund. Die Ausbildungsexperten vermuten, dass für ca. 20 % bis 50 % der Basisitems eine eindimensionale Fachinhaltsdimension

ausreichen dürfte. Trotzdem sollten alternative Ansätze empirisch validiert werden. Die meisten Basisitems sind dem Kompetenzniveau II oder III zugeordnet worden. Zu wenige Basisitems liegen auf den Kompetenzniveaus I (alle Ausbildungsjahre) bzw. IV (Grundstufe). Dies sollte bei der Itementwicklung berücksichtigt werden.

Vorbehaltlich der Zuordnung der Basisitems auf die beiden Subebenen des Kompetenzmodells, die in Abschnitt 4.7.5 dargelegt wird, sind hiermit die angestrebten Klassifizierungsziele für die Basisitems (vgl. Abschnitt 4.4.4) erbracht.

4.7.5 Vorbereitetes Kompetenzmodell

Auf der Grundlage der Kompetenzstrukturmodelle anderer Ausbildungsberufe (vgl. Abschnitt 4.3.3) haben sich die Ausbildungsexperten vorbehaltlich der empirischen Überprüfung dem domänenübergreifenden Kompetenzmodell auf der ersten Subebene (*Fachwissen* und *fachspezifische Problemlösefähigkeit*) einhellig angeschlossen. Auf der zweiten Subebene einigten sich die Ausbildungsexperten einstimmig auf das Folgende:

2. Subebene zum Fachwissen: *Technik Stellwerk* und *Technik Bahnhof*

2. Subebene zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit:

Regelbetrieb und *Unregelmäßigkeiten*

Damit und mit der Entscheidung der Ausbildungsexperten für die kognitiven Prozessdimensionen (vgl. Definition 6) und die domänenübergreifenden Kompetenzniveaus (vgl. Abschnitt 4.3.3, Seite 31) ergibt sich das folgende, zur empirischen Validierung vorbereitete Fachkompetenzmodell.

Kompetenzmodell auf der 1. Subebene

- Handlungsdimension (vollständige Arbeits- und Lernhandlung): kognitive Prozessdimensionen
- Anforderungsdimension (Kompetenzniveau): domänenübergreifende Kompetenzstufen
- Fachinhaltsdimension (Lernbereiche):
Fachwissen und *fachspezifische Problemlösefähigkeit*

Kompetenzmodell auf der 2. Subebene

- Fachwissen
 - Handlungsdimension (vollständige Arbeits- und Lernhandlung): kognitive Prozessdimensionen
 - Anforderungsdimension (Kompetenzniveau): domänenübergreifende Kompetenzstufen

- Fachinhaltsdimension (Lernbereiche): *Technik Stellwerk* und *Technik Bahnhof*
- Fachspezifische Problemlösefähigkeit
 - Handlungsdimension (vollständige Arbeits- und Lernhandlung): kognitive Prozessdimensionen
 - Anforderungsdimension (Kompetenzniveau): domänenübergreifende Kompetenzstufen
 - Fachinhaltsdimension (Lernbereiche): *Regelbetrieb* und *Unregelmäßigkeiten*

Die Basisitems wurden den Kompetenzen a priori auf der ersten und zweiten Subebene zugeordnet (vgl. Datei Ergebnis6_120608_Basisitems_weitere-Eigenschaften.pdf, Anhang G). Tabelle 4.17 gibt einen summarischen Überblick dazu. Im Fall der Mehrdimensionalität in der Fachinhaltsdimension

Tabelle 4.17: Weitere Eigenschaften der Basisitems IV:
Getrennt nach Ausbildungsjahren (Jahr) bzw. absoluter Häufigkeit der Basisitems (N_B) sind absolute Häufigkeiten von Basisitems verteilt auf die Kompetenzen der 1. Subebene (Fachwissen [FW] oder fachspezifische Problemlösefähigkeit [FPL]) und der 2. Subebene (Technik Stellwerk [Stw] oder Technik Bahnhof [Bf] bzw. Regelbetrieb oder Unregelmäßigkeit) angegeben.

Jahr	N_B	1. Subebene		2. Subebene			
				FW		FPL	
		FW	FPL	Stw	Bf	Regelbetrieb	Unregelmäßigkeit
1	43	43	21	9	14	13	8
2	73	73	59	5	14	24	16
3	89	89	88	13	25	21	74
1–3	205	205	168	27	53	58	88

vermuten die Ausbildungsexperten generell nicht kompensatorische Beziehungen. Eine abschließende Klärung soll durch die Empirie herbeigeführt werden. Weitere Ergebnisse zu Basisitemeigenschaften bzw. zur Eindimensionalität sind im vorangehenden Abschnitt 4.7.4 beschrieben.

Interpretation der Kompetenzmodellvorbereitung

Das Kompetenzmodell wurde theoretisch abgeleitet, durch Ausbildungsexperten aus der Praxissicht hinterfragt und bestätigt sowie mit domänenübergreifender Anbindung entworfen. Damit ist eine fundierte Basis zur empirischen Überprüfung geschaffen worden. Aus Sicht der Ausbildungsexperten dürfte vor allem die Unterteilung nach der fachspezifischen Problemlösefähigkeit auf der 2. Subebene nach mehrjähriger Berufstätigkeit der EiB deutlicher zu unterscheiden sein, weil manche Unregelmäßigkeiten sehr selten auftreten und diese Kompetenz sich in der Praxis erfahrungsgemäß nach dem Ende der

Ausbildung deutlich verschlechtert, während die Kompetenz von Fachkräften für den Regelbetrieb sehr hoch bleiben dürfte.

Die Basisitems sind gut auf alle Kompetenzen beider Subebenen verteilt (vgl. Tabelle 4.17). Dies und die weiteren Interpretationen zu den Basisitems auf Seite 65 zeigen zwar, dass die Basisitems bereits einen guten Pool für die Kompetenzmodellentwicklung und -überprüfung darstellen, jedoch einzelne Basisitems zu überarbeiten oder ggf. zu entfernen, andere hinzuzufügen bzw. nach der Ableitung konkreter Items die Erkenntnisse dieser Arbeit zu berücksichtigen bzw. post-hoc statistisch genauer zu untersuchen sind. Insbesondere die fehlende stochastische Unabhängigkeit und der noch zu große Responseumfang einiger Basisitems sind zu beachten.

Es fällt auf, dass mit fortschreitenden Ausbildungsjahren immer weniger eindimensionale Kompetenzen vermutet werden. Im dritten Ausbildungsjahr wird keine eindimensionale Fachinhaltsdimension mehr vermutet. Dies steht auch im Einklang mit den Ergebnissen zu der Komplexitätsentwicklung zum Ausbildungsende hin. Bei der Validierung der Kompetenzmodelle sollten hierzu mehrere Ansätze geprüft werden. Im Fall einer Mehrdimensionalität wird grundsätzlich eine nicht kompensatorische Beziehung vermutet, weil z. B. bei einem Unfall aufgrund der Unkenntnis eines Fachinhaltes dieser Unfall kaum durch die Kenntnis anderer Fachinhalte vermeidbar gewesen wäre. Die Kompensation von Kompetenzen kann allerdings nicht ausgeschlossen werden und ist empirisch zu prüfen.

Mit dem zur empirischen Prüfung vorbereiteten Kompetenzmodell und der Überarbeitung der Fachinhalte ist ein Beitrag zur Fachdidaktik und somit die angestrebten Ziele von Kapitel 4 und von Abschnitt 4.4 erbracht. Darüber hinaus sind Empfehlungen für die IHK-Prüfungen in den Abschnitten 3.3.3 und 4.6.1 formuliert worden.

Kapitel 5

Design der Ausbildungssoftware

Eine Ausbildungssoftware wurde für EiB/F-Fachinhalte analog der klassischen Phasen des Instruktionsdesigns (Callison und Preddy, 2006, S. 119; Gagné, 1977) entwickelt. In dem Abschnitt 5.1 wird das didaktisch-pädagogische Konzept dargelegt. In den Abschnitten 5.2 bis 5.5 werden der Content, das Multimediadesign, das Interaktionsdesign mit der Lernerunterstützung und dem Design von Items sowie das Motivationsdesign beleuchtet. Dabei werden sowohl wichtige theoretische Erkenntnisse als auch die Umsetzung in der Ausbildungssoftware beschrieben. Der Abschnitt 5.6 zeigt das technische Konzept der Ausbildungssoftware auf, gibt die technischen Voraussetzungen zur Lauffähigkeit an und unterscheidet relevante Softwareversionen.

Alle Aussagen ab diesem Kapitel beziehen sich auf Fachinhalte, die entwickelte Ausbildungssoftware und auf die EiB/F-Ausbildung.

5.1 Didaktisch-pädagogisches Grobkonzept

Hoppe und Frede (n. d., S. 1, S. 12-17) haben die Bedeutung der Neuen Medien für die Berufsausbildung im gewerblich-handwerklichen Bereich herausgearbeitet. Der Hauptzweck der Ausbildungssoftware zielt auf das Folgende ab:

- mediale Grundlage zur empirischen Überprüfung von Items und des entwickelten Kompetenzmodells (vgl. Abschnitte 4.7.4 und 4.7.5),
- umfassende, theoretisch fundierte, gut und praxisnah strukturierte sowie möglichst effektive Vermittlung von Fachinhalten für Novizen (Auszubildende und zukünftige Ausbildungsexperten) zur weitgehend selbstregulierten Vorbereitung auf die IHK-Prüfungen und zur Anreicherung von Präsenz- oder begleitendem Unterricht (vgl. Arnold et al.,

2011, S. 117; Euler, Holz und Zimmer, 1992, S. 22; Vögele, 2003, S. 49; Knutzen und Howe, n. d., S. 441 f.),

- lernortübergreifendes Lernen,
- fachliche Grundlage zur Einarbeitung beruflicher Quereinsteiger mit mehrjähriger Arbeitserfahrung,
- punktuelle Vertiefung fachlicher Kompetenzen für Fachpersonen,
- fachliche Grundlage für Ausbildungsexperten zur Entwicklung von Unterrichts- oder Kursmaterialien,
- fachliche IHK-Prüfungsvorbereitung und
- Bereicherung der Fachdidaktik (vgl. Vögele, 2003, S. 51-54).

Aus diesem Hauptzweck und den Hinweisen zu Auszubildenden (Abschnitt 3.3.2) resultiert das Spektrum der Zielgruppen:

Definition 17 *Novizen A* sind

EiB/F-Auszubildende, wobei insbesondere drei Leistungsgruppen zu unterscheiden sind.

Definition 18 *Novizen B* sind

zukünftige Ausbildungsexperten mit mehrjähriger Arbeits- oder Studienerfahrung.

Definition 19 *Fachpersonen* sind

Auszubildende, die sich auf die IHK-Abschlussprüfung vorbereiten wollen, oder fachlich in der Domäne versierte Personen.

Zur Entwicklung der Ausbildungssoftware ist eine Adressatenanalyse primär nur für Novizen A nötig, denn Novizen B sind es gewohnt, sich selbstständig geeignete und individuell angepasste Arbeitsweisen auszuwählen (vgl. Euler, Holz und Zimmer, 1992, S. 66). Analog kann die Ausbildungssoftware didaktisch-pädagogisch primär für Novizen A konzipiert werden. Zu dem Vorwissen, der Position im Betrieb, der Lerngeschichte, dem Bildungsstand, der Lernmotivation, den Interessen, den Lernstilen, den kulturellen Aspekten, den besonderen Bedürfnissen, der Homogenität der Gruppe, den Defiziten von Novizen A und den Grenzen der Ausbildungsstruktur vgl. Abschnitte 3.3.2 und 3.3.3.

Im Abschnitt 5.1.1 wird das didaktisch-pädagogische Konzept für Novizen A und B zur fachlich umfassenden, theoretisch fundierten, strukturierten und möglichst effektiven Vermittlung von Content beschrieben, während Abschnitt 5.1.2 das Konzept zur punktuellen Vertiefung von Fachinhalten für Fachpersonen darlegt.

5.1.1 Konzept für Novizen

Die Ausbildungssoftware setzt alle Fachinhalte des überarbeiteten rechtlichen Ausbildungsrahmens (vgl. Kapitel 4) um. Sie wird damit fachlich umfassend konzipiert und basiert auf einer guten sowie praxisnahen Struktur (vgl. Abschnitt 4.7.1). Durch die enge Anlehnung an die Richtlinie 408 bei der Abbildung typischer Handlungsabläufe in der Berufspraxis wird in der Ausbildungssoftware eine gute und praxisnahe Struktur fortgesetzt. Indem theoretische Modelle und empirisch nachgewiesene Erkenntnisse zur Effektivität in der Ausbildungssoftware berücksichtigt werden, ist diese auch theoretisch fundiert und kann effektiver umgesetzt werden.

Um die Ausbildungssoftware möglichst genau anpassen zu können, wird für die Grundstufe v. a. das DO-ID-Modell (Niegemann et al., 2008, S. 85-96) angewandt. Andere kognitive Modelle (z. B. Landa, n. d., S. 190-207; Scandura, n. d.) sind oft zu ungenau dargestellt (z. B. fehlende Mikroebene bzw. Multimediadesign) oder passen nicht zum Hauptzweck der Ausbildungssoftware (z. B. Collins und Stevens, n. d., S. 249). Für das dritte Ausbildungsjahr mit den sehr hoch komplexen Fachinhalten (vgl. Abschnitt 4.7.2) wird das Modell 4C/ID (van Merriënboer, 1997; van Merriënboer und Kirschner, 2007; van Merriënboer und Kester, n. d.) mit Instruktionsprinzipien (z. B. van Merriënboer und Krammer, n. d., S. 222-224) umgesetzt. Dabei wird auf eine Kompetenz in der Domäne des Eisenbahnwesens unter Berücksichtigung der kognitiven Belastung hingearbeitet.

In der Ausbildungssoftware soll zur Förderung rationaler Entscheidungsfindung keine emotionale Bindung aufgebaut werden und das Gesamtkonzept in Anlehnung an die Instructional Transaction Theory (Merrill, n. d. b; Merrill, n. d. a) stimmig sein. Daher und weil bereits eine gut strukturierte Basis vorliegt, finden z. B. die iterative Softwareentwicklung (Fullerton, 2008; Wagner, n. d., S. 301), ein heuristischer Ansatz (Hannafin, Land und Oliver, n. d., S. 117) oder ein Mastery-Model (Bloom, n. d.; Guskey, n. d.) keine Anwendung. In den von Lerpcher (n. d.) erwähnten Ausbildungsprogrammen zur Vorbereitung auf die IHK-Prüfung werden außer alten IHK-Prüfungsfragen kaum andere Inhalte vermittelt, was für den Hauptzweck hier nicht ausreicht.

Somit wird eine sequenzielle Softwareentwicklung mit Kontrollzyklen nach Arnold et al. (2011, S. 108) bis zu der Programm- bzw. Curriculum-Ebene nach dem ontologischen Schichtenmodell der didaktischen Gestaltungsebenen (Baumgartner, n. d.; Peetz, n. d., S. 66 f.) umgesetzt. Nachfolgend werden Analysen zur Umsetzung der Instruktionsmodelle und allgemeine Regeln zum Aufbau der Lernmodule angegeben sowie die Grobstruktur und das Hauptmenü der Ausbildungssoftware beschrieben.

Analysen zur Umsetzung der Instruktionsmodelle

Nach der Instructional Transaction Theory können die Vorarbeiten und Ergebnisse aus den Abschnitten 4.5.2 und 4.7 als PEAnet und Grundlage zur Identifizierung instruktionaler Transaktionen betrachtet werden (Merrill, n. d. b, S. 412-418). Zur Umsetzung der beiden Instruktionsmodelle müssen Aufgaben- und Wissensanalysen wie in Kapitel 4 (van Merriënboer, 1997, S. 79-168; van Merriënboer und Krammer, n. d., S. 216 f.) sowie Problem- (Kapitel 1 und 2) bzw. Lerninhaltsanalysen (Kapitel 4) und noch folgende Analysen durchgeführt werden (Niegemann et al., 2008, S. 97-111; Andrews und Goodson, 1980, S. 5).

Einsatzkontext: Die Ausbildungssoftware soll nach dem Hauptzweck in Deutschland eingesetzt werden. Lerner sollen allein oder zu zweit (Vögele, 2003, S. 49) an einem PC in privaten, schulischen oder betrieblichen Räumen arbeiten können (vgl. Knutzen und Howe, n. d., S. 440; Euler, Holz und Zimmer, 1992, S. 68 f.). Eine integrierte Dokumentationsmöglichkeit (vgl. Knutzen und Howe, n. d., S. 442) ist aufgrund parallel einsetzbarer Standardsoftware nicht notwendig.

Bedarf: Benötigt werden didaktisch-pädagogisch aufbereitete Fachinhalte im Rahmen des Hauptzwecks. Der Bedarf ist normativ (IHK-Prüfungen). Für Novizen und Fachpersonen muss ein kompletter fachlicher Gesamtüberblick geboten werden. Sofern eine Internetverbindung und ein E-Mail-Account eingerichtet sind, soll der Lernende über die Ausbildungssoftware Kontakt mit Ausbildungsexperten aufnehmen können. Zur Diskussion von Fachinhalten oder zur Problembehebung sollen Zustände der Ausbildungssoftware ex- und importierbar bzw. austauschbar sein. Nach einer längeren Lernpause soll die Intensität der Unterstützung gesteigert werden können.

Markt: Es existiert noch keine öffentlich erhältliche Ausbildungssoftware. Es gibt nur wenige fachdidaktische Bücher (z. B. Hegger, Marks-Fährmann und Restetzki, 2014; Jonas, 2001) oder einfache Nachschlagewerke (z. B. GD-BA, 1997; Lauterbach, 1977; GDBA, 1998), jedoch viel fachliche Spezialliteratur (z. B. Arnold et al., 1987; Fenner, Naumann und Trinckauf, 2004; Lorenz, 2002; Maschek, 2012; Mücke, 2006; Pachl, 2009; Pachl, 2013; Zoeller, 2002), die jedoch für den didaktischen Gebrauch in der Berufsausbildung nicht geeignet ist.

Wissen und Items In dem Abschnitt 3.3.2 und dem Kapitel 4 sind die Vorarbeiten bzw. die analysierten Eigenschaften dargelegt, während der Content und die Itementwicklung in Kapitel 4 bzw. den Abschnitten 5.2 und 5.4.3 beschrieben sind.

Technik: Die Ausbildungssoftware soll im Grundsatz leicht implementierbar, betriebssystemunabhängig und anpassbar sein. Daher wurde sie als Webanwendung im Format HTML 5.0 entwickelt. Webkomponenten wurden mit CSS¹ und Javascript (clientseitig) exemplarisch dynamisiert. Eine vollständige Dynamisierung oder ein Umbau auf einen serverseitigen Datenbankzugriff per CGI-Anwendung² (z. B. mit PHP oder Perl) ist leicht umsetzbar.

Ressourcen: Die Entwicklungssoftware gehört zum Standard-Softwarepaket. Anschaffungskosten traten nur für die exemplarische Vertonung einiger Textpassagen auf. Die Usabilityuntersuchung durfte im Kontext des Regelunterrichts auf Rechnern einer Berufsschule durchgeführt werden³. Exemplarische Bilder wurden weitgehend selbst entwickelt. Das Einverständnis zur Einbindung fremder Bilder mit bekanntem Urheber ist in der Software angegeben. Die Implementierung der (exemplarischen) Ausbildungssoftwareversionen betrug für eine Person etwa ein Jahr. In der Ausbildungssoftware genügt es, das Folgende exemplarisch umzusetzen: Dynamisierung von Schaltelementen, Bilder und Animationen in dem Lernmodul, strukturelle Adaption und Sprechtexte. Ebenso wurde das Abspeichern, das Ex- und Importieren des Lernstandes aufgrund der Exemplarität nicht umgesetzt. Anstatt einer komplett adaptiven Lernerunterstützung durch automatisierte Pop-Ups in drei Unterstützungsgraden bieten Buttons Hilfen nach dem Anklicken an (strukturelle Adaptivität).

Sonstiges: Die Kriterien für eine lernfeldorientierte Qualitätsentwicklung (vgl. Zimmer, n. d. a) wurden weitgehend berücksichtigt. Die Lernziele sind über die Fachinhalte bzw. die Basisitems (vgl. Abschnitt 4.7) formulierbar.

Allgemeine Regeln zum Aufbau der Lernmodule

Für die Konzeption der Ausbildungssoftware wurde folgender, allgemeiner Rahmen gesetzt: steigende Komplexität unter Berücksichtigung der kognitiven Belastung, abnehmende Lernerunterstützung (Merrill, n. d. b, S. 420), Expertentipps (Carroll und Aaronson, n. d.; Cox, n. d., S. 413), Zusatzinformationen, Anregungen und Elaborationen (Ballstaedt, 1997) sowie Hilfedateien.

Grobstruktur und Hauptmenü der Ausbildungssoftware

Eine effektive Vermittlung der Inhalte wurde durch möglichst weitgehende Anwendung theoretisch fundierter und empirisch abgesicherter Erkenntnisse

¹CSS: cascading style sheet; deklarative Sprache für Formatvorlagen zur Strukturierung von HTML-Seiten

²CGI: common gateway interface; Server-Client-Datenaustauschstandard zur Dynamisierung von Webseiten

³vgl. genehmigter Antrag vom 7.1.2013, Berufliche Schule Direktorat 3, Nürnberg

umgesetzt. Das Rapid-E-Learning-Prinzip (Knutzen und Howe, n. d., S. 441-444) scheidet dadurch aus. Insbesondere aus den pädagogisch-didaktischen Zielen und den vorangegangenen Analysen ergeben sich folgende Entscheidungen bzgl. des didaktisch-pädagogischen Konzeptes.

Die Menüstruktur der Ausbildungssoftware ist entsprechend der Empfehlungen von Larson und Czerwinski (1998, S. 30) bzw. Rouet und Potelle (n. d., S. 302) ausgewogen flach gehalten (vgl. Abbildung 5.1). Sie umfasst:

- den Ausbildungskurs mit dem Zugriff auf Informationen zu selbstreguliertem Lernen, die Navigationshilfe, die Feedbackstatistik, die Lernmodule und die Vorbereitung auf die Zwischenprüfung,
- die Themenauswahl mit dem Zugriff auf Lernmodule und die Vorbereitung auf die Zwischenprüfung,
- die Vorbereitung auf die Abschlussprüfung,
- den Hauptmenüpunkt *Datei* zum Speichern, Exportieren, Laden, Importieren oder Drucken des Lernstandes,
- den Hauptmenüpunkt *Optionen* für die grafischen und auditiven Einstellungen, die Intensivierung der Lernerunterstützung, die Herstellung des Ausgangszustandes der Ausbildungssoftware vor der Erstbenutzung, die Freischaltung aller Lernmodule oder die Rücknahme der Freischaltung,
- die Beschreibungen zum Gesamtkonzept und zur Bearbeitung der Lernmodule,
- die Nachschlagewerke für Definitionen, Abkürzungen, Expertentipps, einen Überblick zu betrieblichen Situationen sowie die Richtlinien 408 und 301,
- die Hilfen (Stelltisch, Merkhinweise und Sperren, Geschwindigkeiten, Wortlaute für Befehl 11, Anlässe für die Räumungsprüfung und E-Mail an Ausbildungsexperten) sowie
- das Impressum.

Die Ausbildungssoftware ist für zwei Novizengruppen konzipiert (vgl. Version 9, Abschnitt 5.6.3):

- Novizen A: Lenkung durch sequentielle Freischaltung nachfolgender Lernmodule nach der Bearbeitung aller vorangegangenen (vgl. Cantaluppi, 2007, S. 25) und
- Novizen B: Zugriff wahlfrei auf alle Themen nach aktiver Freischaltung aller Lernmodule.

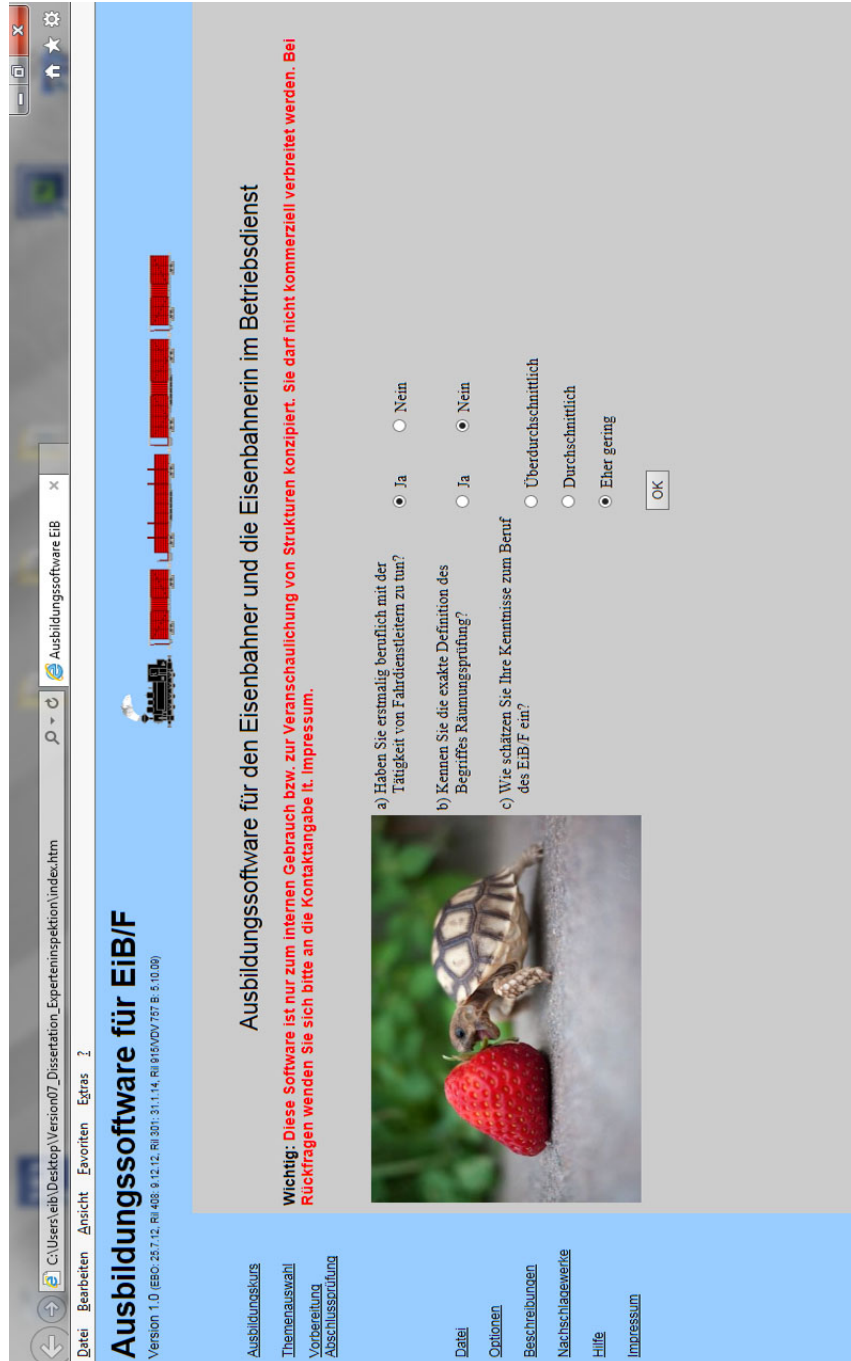


Abbildung 5.1: Initiale Startseite mit Hauptmenü

Durch eine initiale Selbsteinschätzung (Alessi und Trollip, 2001, S. 92) werden der Lernerstatus und das dreistufige langfristige Leistungsniveau eingestuft: Novizen mit Stufe I oder Fachpersonen mit Stufe III (vgl. Abbildung 5.1). Dementsprechend werden im Ausbildungskurs nur das erste oder alle Lernmodule freigeschaltet. Die wahlfreie Themenauswahl ist den Fachpersonen vorbehalten, kann aber von Novizen testweise freigeschaltet werden. Für Novizen B ist das Freischalten wichtig, wenn die Ausbildungssoftware parallel zum Unterricht verwendet wird und z. B. im wöchentlichen Wechsel ein anderes Ausbildungsjahr mit anderen Themen unterrichtet werden muss. Für Novizen A kann das Freischalten zu kognitiver Überlastung und Demotivation führen, weswegen davon abgeraten und das Zurückschalten empfohlen wird. Die Methode von Alessi und Trollip (1991, S. 23 f.), dem Lerner eine umfangreiche Selbstkontrolle zu bieten und einen Vortest zu jedem Lernmodul durchzuführen, ist wegen der fachlichen Komplexität und der Sicherheitsrelevanz nicht sinnvoll. Auch Alessi und Trollip (1991, S. 33) räumen Fehlentscheidungen von Lernern bei zu viel Entscheidungsfreiheit ein. Die Gefahr der Unterforderung leistungsstarker Novizen besteht nicht, da sie ihre Bearbeitungsgeschwindigkeit beliebig anheben können. Der Rücksprung zu bereits behandelten Themen soll allen stets möglich sein.

Den zweigeteilten Ansatz hatte Plieninger (n. d., S. 193) bereits bei dem nicht adaptiven Lernprogramm Babbel angewandt. Auch initiale Selbsteinschätzungen sind schon verwendet worden (z. B. von Egle und Dollmann, n. d., S. 261).

Der Ausbildungskurs (Abbildung C.1) unterscheidet sich von der Themenauswahl (Abbildung C.2) nicht nur durch eingeschränkten bzw. wahlfreien Zugriff auf Lernmodule, sondern auch durch die Informationen zum selbstregulierten Lernen (Corno und Randi, n. d., S. 303) bzw. zum Leistungsstand (Feedbackstatistik). Der Aufbau der einzelnen Lernmodule wird detailliert in Abschnitt 5.2 beschrieben. Mit steigenden Fachkenntnissen nimmt die Unterstützung durch Expertentipps ab. Die Feedbackstatistik (Abbildung C.3) gibt das langfristige Leistungsniveau (I – III) und die prozentualen Leistungen für bearbeitete Items sowie Übungsmöglichkeiten an. Zur Vorbereitung auf die IHK-Prüfungen wurden drei Prüfungsmodule eingeplant.

5.1.2 Konzept für Fachpersonen

Für Fachpersonen werden die Themenauswahl und die Vorbereitung auf die Abschlussprüfung sofort freigeschaltet. Damit besteht ein wahlfreier Zugriff auf alle Inhalte. Die fachliche Unterstützung durch Expertentipps ist auf ein Minimum reduziert.

5.2 Contentstrukturierung und -design

Die Struktur des Contents wird in Abschnitt 5.2.1 dargestellt, die Linearisierung der Fachinhalte in Abschnitt 5.2.2 und die Segmentierung und Sequenzierung in Abschnitt 5.2.3. Abschnitt 5.2.4 widmet sich dem Lernen mit der Ausbildungssoftware aus theoretischer Sicht.

5.2.1 Contentstruktur

Der Content der Ausbildungssoftware und insbesondere die Lernmodule sind primär auf berufliche Fachinhalte ausgerichtet (Köck, 2004, S. 102-108; Arnold et al., 2011, S. 111; Knutzen und Howe, n. d., S. 442).

Tabelle 5.1: Lernmodul-Formatunterschiede zwischen Grundstufe und 3. Ausbildungsjahr I: vgl. Niegemann et al. (2008, S. 119-135), Reigeluth und Stein (n. d., S. 344-346), van Merriënboer und Kester (n. d., S. 73-86), Reigeluth (n. d. a, S. 432), Bruner (2009), von Martial und Ladenthin (2005, S. 303 f.), van Merriënboer und Krammer (n. d., S. 219 f.) sowie Hege, Adler und Peter (n. d., S. 102 f.)

<i>Formatebene</i>	<i>Grundstufe</i>	<i>3. Ausbildungsjahr</i>
Basis	E-Kompendium mit problembasierten Sequenzen	problemorientierte Fälle
Organisation der Informationsdarbietung	überwiegend linear nach steigender Komplexität, selten spiralig (z. B. Befehle)	linear nach steigender Komplexität, fallbasiert und problemorientiert
Abstraktionsniveau	gemischt situativ und verallgemeinert	situativ
Art der Lernaktivität	gemischt rezeptiv, erklärend oder aktiv anwendend	überwiegend aktiv anwendend
Steuerungsinstanz	überwiegend external	
Kommunikationsrichtung	Zwei-Wege-Kommunikation (z. B. Pop-Up, E-Mail, Softwaresteuerung und Items)	
Sozialform des Lernens	individuell, in Ansätzen kooperativ	

Tabelle 5.1 gibt einen Überblick zu Formatunterschieden bezüglich des Lernmodulaufbaus zwischen der Grundstufe und dem 3. Ausbildungsjahr. Der Lernmodulaufbau wird nachfolgend jeweils genauer beleuchtet.

Lernmodulaufbau in der Grundstufe

Die Lernmodule in der Grundstufe sind klassisch aufgebaut: Nach der Einführung folgen der Content, eine Zusammenfassung der Kerninhalte sowie Übungs- und Testaufgaben mit jeweiligem Feedback (Götz und Häfner, 1992; Bruns und Gajewski, 2002, S. 73; Kunz und Schott, 1987; Zimmer, n. d. b, S. 413 f.; Niegemann et al., 2008, S. 139-169).

Einführung: Die Lernenden werden auf jeder ersten Lernmoduleseite motiviert (vgl. Abbildung 5.2) und erhalten einen Überblick über die Lernziele (Hager und Westermann, 1986; Bruns und Gajewski, 2002, S. 37).

Content: Der Content ist wegen der Sicherheitsrelevanz und des formalen Berufsabschlusses linear umgesetzt (Aldrich, 2005, S. 61). Zudem werden Zwischenüberschriften und Aufzählungen (Ballstaedt, 1997; Köck, 2004, S. 131), Kurzfragen *Nachgehakt* (vgl. Abbildung C.4) zum Elaborieren (Ballstaedt, 1997) und Pop-Up-Buttons für unterstützende Informationen verwendet (vgl. van Merriënboer und Kirschner, 2007, S. 99-119).

Zusammenfassung der Kerninhalte: Die Kerninhalte werden zusammengefasst (Niegemann et al., 2008, S. 187 f.).

Übungs- und Testaufgaben mit Feedback: Die Übungs- und Testaufgaben (vgl. Abbildungen 5.3 und C.5) mit Feedback (Niegemann et al., 2008, S. 311-336) sind exemplarisch umgesetzt (vgl. Versionen 8.1 bis 8.3 und 9, Abschnitte 5.6.2 und 5.6.3).

Lernmodulaufbau im dritten Ausbildungsjahr

Die Lernmodule im dritten Ausbildungsjahr (vgl. Abbildung 5.4) sind nach van Merriënboer (1997) umgesetzt. Im Unterschied zu Lernmodulen in der Grundstufe sind im Menü ein Informationslink *i* für das Unterstützungs- und Strategiewissen und ein Hilfelink *?* ergänzt.

Nachfolgend werden die Erläuterungen zur Einleitung, die sequenzielle Einzelfallbearbeitung und die konzentrierten Übungsmodule mit Fällen dargestellt.

Einleitung: Vorausgesetzte Fachinhalte werden zum Beginn eines Lernmoduls zur Wiederholung angeboten und durch Unterstützungs- und Strategiewissen ergänzt. Anschließend folgt eine Übersicht zu allen Fällen des Lernmoduls (vgl. Abbildung C.6).

Ausbildungssoftware für EiB/F
Version 1.0 (EBO: 25.7.12, RI: 408; 1.1.12, RI: 301; 9.12.12, RI: 915/VOV/757 B; 5.10.09)

Regelbetrieb

Zugdurchfahrt ohne Halt

Fahrweg-/Räumungs-/Abschnittsprüfung (1/8)

Lernmodul

zurück **weiter** **Test**

Lernziele:

- Was bedeutet Flankenschutz?
- Wann muss ich eine Fahrwegprüfung (Fpr) durchführen?
- Was muss für einen Fahrweg geprüft werden?
- Von wo bis wohin muss die Fahrwegprüfung erfolgen?

Daten
Optionen
Beschreibungen
Nachschlaenwerte
Hilfe
Impressum

Abbildung 5.2: Erste Seite eines Lernmoduls in der Grundstufe

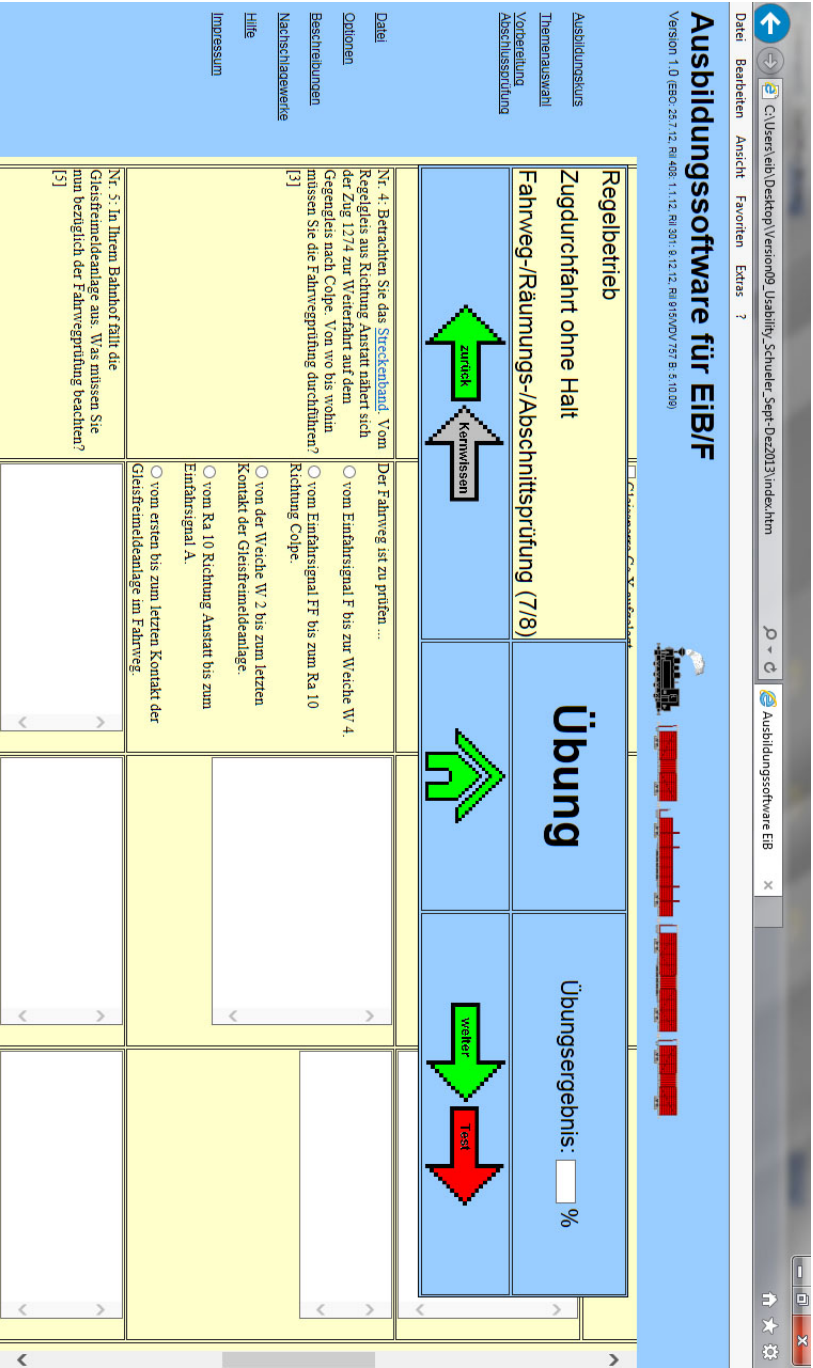


Abbildung 5.3: Übungsseite eines Lernmoduls in der Grundstufe (mit Feedback)

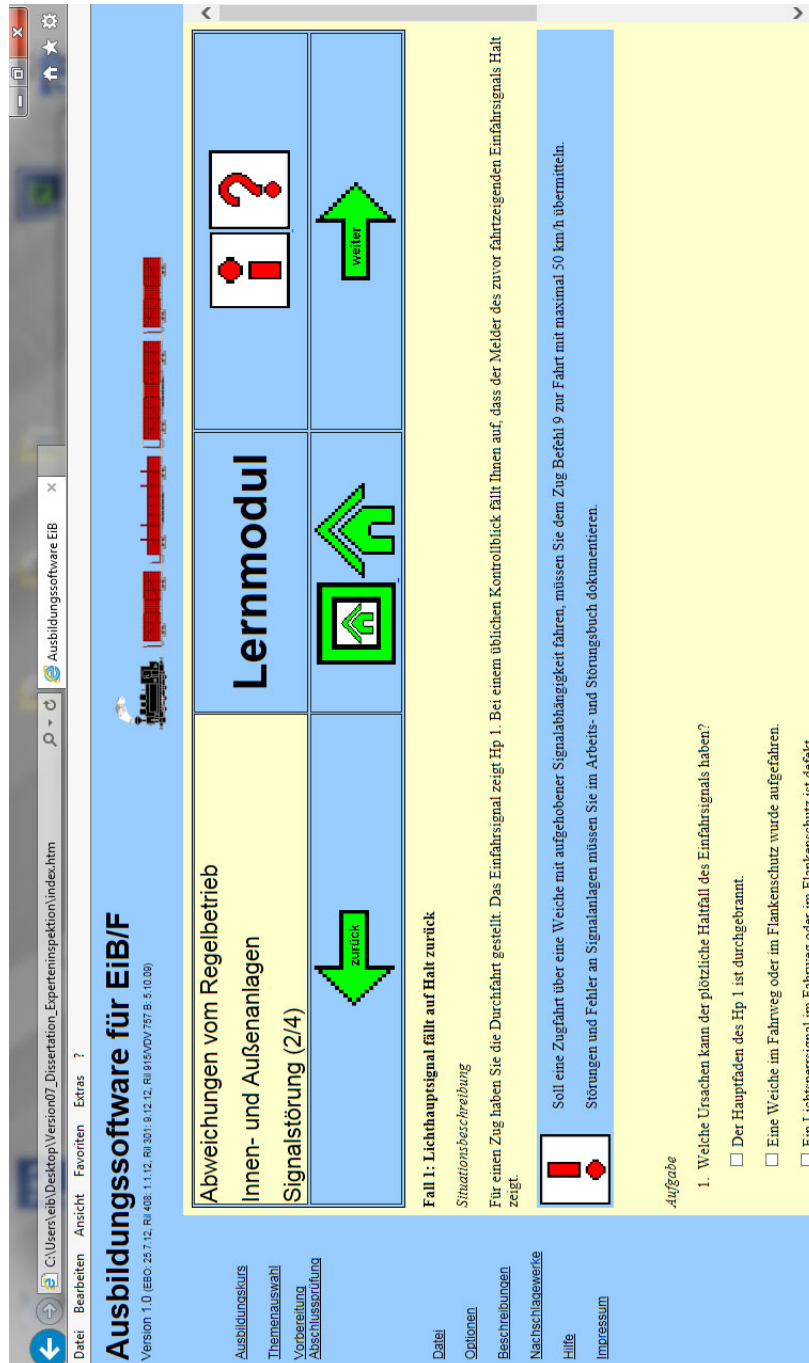


Abbildung 5.4: Menü einer Lernmodul-Contentseite in dem dritten Ausbildungsjahr: Zugriff auf Unterstützungs- und Strategiewissen (i), Hilfen (?) sowie Just-in-Time-Informationen (!)

Sequenzielle Fallbearbeitung auf Contentseiten: Nach der Schilderung eines komplexen Falls (ggf. mit prozeduralen bzw. Just-in-Time-Informationen) folgen Übungs- und Testaufgaben (meist mit einem Feedback bzw. einer Bewertung; vgl. Abbildung C.7). Für die sequenziell zu bearbeitenden Fälle treten initial vor allem ausgearbeitete Beispiele auf, ansonsten mit abnehmender Unterstützung die anderen produkt- und prozessorientierten Problemformate (van Merriënboer, 1997, S. 178-186) gemischt, weil die komplexen Fälle oft beide gemeinsam erfordern.

Konzentrierte Übungsmodule mit Fällen: Zur Bildung besonderer automatischer Handlungen sind konzentrierte Fallübungen (Part-Task-Training) für die Themen *gefährdende Umstände*, *Befehle* und *Räumungsprüfung* umgesetzt (vgl. Tabelle 5.2). Den aktuellen Entwicklungsphasenstand⁴ kann der Lernende mit der Feedbackstatistik einschätzen.

Tabelle 5.2: Lernmodul-Formatunterschiede zwischen Grundstufe und 3. Ausbildungsjahr II: induktives oder deduktives Vorgehen (Niegemann et al., 2008, S. 141 f.; van Merriënboer und Kirschner, 2007, S. 108 f.)

Formatebene	Grundstufe	3. Ausbildungsjahr
Vorgehen	induktiv oder deduktiv	überwiegend induktiv

5.2.2 Linearisierung vernetzter Fachinhalte

Durch das zweite Expertentreffen (Kapitel 4) wurde eine hierarchisch-vernetzte Segmentierung (vgl. Seufert, 1996, S. 17; Glöckel, 2003) der Fachinhalte erarbeitet. Sie erfolgte weitgehend im Sinne von Gagné und Briggs (Aronson und Briggs, n. d., S. 86 f.; Niegemann et al., 2008, S. 143 f.) und Reigeluths Elaborationstheorie (Reigeluth und Stein, n. d., S. 367, S. 371; Reigeluth, n. d.; Paechter, 1996, S. 37-45) sowie durch Abgrenzung zusammengehöriger Operationsblöcke nach Landa (n. d., S. 173 f.) entsprechend der Richtlinien. Die didaktische Segmentierung hingegen muss z. B. Wiederholungen (z. B. anschließender Weichenbereich: Nr. 8 auf Seite 4 des Lernmoduls *Umgang mit Richtlinien* und auf Seite 3 des Lernmoduls *Signale*) und die lineare Struktur aufweisen.

Zur Umwandlung der Netz- in eine Linearstruktur konnte kein mathematisches oder informationstechnisches Standardverfahren (z. B. Suchalgorithmen) oder das Verfahren von Gerdes (n. d., S. 79 f.) angewandt werden. Auch die Sequenzierungsmethode von Scandura (n. d., S. 215, S. 232-238) bzw. Reigeluth (n. d., S. 442 f.) ist in der Ausbildungssoftware nicht anwendbar,

⁴Ackerman (1992) unterscheidet hintereinander die kognitive, die assoziative und die automatisierte Entwicklungsphase.

da die Fachinhalte beim ersten Auftreten weder die einfachste Anwendung darstellen, noch vollständig behandelt werden.

Beispielsweise werden Befehle (vgl. Abbildung 5.5) fast nur Zügen in komplexen Situationen (3. Ausbildungsjahr) übermittelt, jedoch in einem Fall auch Rangierfahrten (Grundstufe). Alle Voraussetzungen zu dem The-

Befehle
1 - 11

Vordruck 1. von 1. Vordruck(en)
Zug - Sperrfahrt - Schiebetriebsfahrzeug für Zug - Rangierfahrt - 2377
Standort: km / Signal: N2 in Rd / Gl 2. des Bf. Kleinstadt

1 Sie dürfen - ohne Hauptsignal - bei LZW-Halt / ETCS-Halt auf der Abzw/Üst - in den B/Blt - weiterfahren - einfahren -
1.1 Sie müssen bis zum Erkennen der Stellung des nächsten Hauptsignals mit höchstens 40 km/h fahren.

2 Sie dürfen - vorbeifahren - weiterfahren nach Vorbeifahrt - am / an
(Höhe Esig, Zsig, Asig, Sperrsig, Bksig, Sbk, Dksig, Ts 2, Sh 2, LZW-Halt, ETCS-Halt, LZW-Nothalt) Bezeichnung des Signals/ der LZW-Bk / ETCS-Bk / der Stelle, an der zu halten war des B/Blt, der Bk/Abzw/Üst/Dkst
Asig N2 Kleinstadt

2.1 Sie müssen bis zum Erkennen der Stellung des nächsten Hauptsignals mit höchstens 40 km/h fahren.

3 Sie dürfen im B/Blt - ohne Ausfahrtsignal - bei LZW-Halt/ETCS-Halt - ausfahren
3.1 Sie müssen bis zum Erkennen der Stellung des nächsten Hauptsignals mit höchstens 40 km/h fahren.

4 Sie fahren auf dem Gegengleis von bis

5 Sie - fahren - schieben nach - in Richtung / ab km bis
- auf dem Regelgleis und kehren zurück auf dem Gegengleis - - auf dem Gegengleis und kehren zurück auf dem Regelgleis -

6 Sie dürfen vom Gegengleis aus ohne Hauptsignal
ab km auf der Abzw/Üst weiterfahren,
ab km auf der Abzw/Üst weiterfahren,
ab km in den B/Blt ein- und ausfahren,
ab km in den B/Blt einfahren
6.1 Sie müssen bis zum Erkennen der Stellung des nächsten Hauptsignals mit höchstens 40 km/h fahren.

7 Sie müssen auf dem Gegengleis in Höhe des Bksig/Esig
in km der Abzw/Üst/des B/Blt halten

8 Sie müssen - zwischen Zms und Zms
- im Bahnhof - halten vor BÜ in km / km
km / km
Sie dürfen weiterfahren, wenn BÜ gesichert ist

9 - Sie dürfen mit höchstens km/h fahren -
- Sie müssen auf Sicht fahren -
Im Bf zwischen Zms und Zms in km von km oder Sig bis km oder Sig
Grund - Nr (siehe Rückseite) -

Zusätzliche Befehle oder Hinweise (soweit erforderlich)

9.1 Stellen Sie fest, ob das Gleis befahrbar ist; melden Sie das Ergebnis an
9.2 Geben Sie bei Annäherung an den BÜ / RÜ Signal Zp 1; räumen Sie den BÜ / RÜ schnellstens, wenn erstes Fahrzeug Straßenmitte / RÜ-Mitte erreicht hat
9.3 Schauen Sie nach Oberleitungsschäden; melden Sie das Ergebnis an
9.4 PZB-Einrichtung - am Sig - in km ständig wirksam - unwirksam -
9.5 Warnen Sie Personen am und im Gleis durch Signal Zp 1; halten Sie an, wenn Personen das Gleis nicht verlassen

10 Sie sind vom Fahren auf Sicht entbunden zwischen und

11

Kleinstadt 12.5.2014 04 16
Müller (Name, Triebfahrzeugführer) (Datum) (Zeit) (Minuten)

Übermittlungscode: bei fmdl. Übermittlung: ☐ ZF / ☐ andere:
☐ Sie müssen Gültiges im Falle vor der Nummer ankreuzen. ☒ Sie müssen nicht Zutreffendes im Kopf oder im ungekreuzten Teil des Befehls schräg durchstreichen. Im Befehl müssen Sie für Signale und Betriebsstellen die in der Kopfzeile angegebenen Abkürzungen verwenden.

Abbildung 5.5: Ausgefüllter Befehlsvordruck für Befehl 2 zur Vorbeifahrt an einem gestörten oder Halt zeigenden Hauptsignal

ma *Befehle* komplett vor dem Rangieren – also vor dem ersten Auftreten (Jones, Li und Merrill, n. d., S. 495) – zu vermitteln, ist hier didaktisch ebenso wenig sinnvoll wie die Schneeballmethode von Landa (n. d., S. 197 f.), weil zu viele Fachinhalte unzeitig vermittelt würden. Hier wurde in einem wahrscheinlichkeits-theoretischen Ansatz die Wahrscheinlichkeit des gemeinsamen Auftretens der Fachinhalte in der Berufspraxis als Entscheidungsgrundlage zur primären Zuordnung der Fachinhalte angewandt. Während dort die vorausgesetzten Fachinhalte detailliert vermittelt werden, sollen sie vor dieser Stelle nur soweit wie nötig marginal behandelt werden (Aronson und Briggs, n. d., S. 88). Somit ergibt sich eine spiralig eingeflochtene Sequenzierung bestimmter Inhalte (Bruner, 2009) im linearen Gesamtkonzept.

Für das dritte Ausbildungsjahr waren Aufgabenklassen und typische Fälle (vgl. auch Dreyfus und Stuart, 1987; van Merriënboer und Kester, n. d., S. 73) leicht praxisorientiert zu identifizieren. Ein Lernmodul kann dabei

ein oder mehrere Aufgabenklassen beinhalten. Sequenzierungsprobleme traten im Zusammenhang mit dem Prinzip steigender Aufgabenschwierigkeit nachfolgender Aufgabenklassen bei gleicher Aufgabenschwierigkeit innerhalb einer Aufgabenklasse (van Merriënboer und Kester, n. d., S. 73-79) auf. Beispielsweise kann eine im Stellwerk angezeigte Störung eines fernüberwachten Bahnübergangs (offene Schranken) auf freier Strecke zu völlig unterschiedlichen Reaktionen führen und leicht oder schwer behebbar sein. Bei keinem Zug auf der freien Strecke genügt eine einfache Meldung, jedoch für Züge, die sich mindestens zwei Zugfolgeabschnitte vor dem Bahnübergang befinden, kann das Hauptsignal vor dem Bahnübergang auf Halt gestellt werden, während in allen anderen Situationen ein Nothaltauftrag abzusetzen ist und vielerlei Folgemaßnahmen einzuleiten sind. Die Störmeldungen im Stellwerk sind in allen Fällen stets gleich. Bei einer Aufteilung aller Fälle nur nach gleicher Schwierigkeit würde ein verwirrendes Netzwerk und eine große kognitive Zusatzbelastung entstehen. Umgesetzt wurden nach zusammengehörigen Störungselementen (Weichen, Signale usw.) geclusterte Fälle. Innerhalb jedes Clusters wurden anschließend alle Fälle in Gruppen etwa gleicher Schwierigkeit eingeteilt. Ein oder mehrere Cluster wurden anschließend zu Lernmodulen zusammengefasst. Analog mussten die unterstützenden und prozeduralen Informationen aufgeteilt werden (vgl. Iannarelli, n. d.)

5.2.3 Segmentierung und Sequenzierung

Zunächst wurden typische berufliche Situationen K1 bis K13 unterschieden (vgl. Tabelle 5.3), wobei die Unregelmäßigkeiten (3. Ausbildungsjahr) wegen der chaotischen Lösungsalternativen zu Sammelbezeichnungen führten. Dann wurden die eindeutig zuzuordnenden Fachinhalte (vgl. Datei Ergebnis0_120608_Handlungsfelder_Fachinhalte.pdf, Anhang G) den K1 bis K13 zugeordnet (z. B. Ba1 *Bremsen kennen* [1. Ausbildungsjahr] \mapsto K6, weil ein endender Zug, der abgestellt werden soll, mit Hand- bzw. Feststellbremsen gesichert werden muss). Die restlichen, nicht eindeutig zuzuordnenden Fachinhalte, wurden als **integrierte Blöcke IB** bezeichnet und – wie oben erläutert – entsprechend der Wahrscheinlichkeit des Auftretens in der Praxis den K1 bis K13 zugeordnet (z. B. I6: Auftreten erstmalig in K2, marginal in K3 und als Schwerpunkt in K4, vorausgesetzt ab K10). Die für EiB/F relevanten IB sind der Tabelle 5.4 zu entnehmen. Insbesondere die Unterscheidung in Rangier- oder Zugfahrt forderte oft eine doppelte Behandlung von IB (z. B. I6 [Rangierfahrt] \mapsto K3 und I6 [Zugfahrt] \mapsto K4). Die IB, welche nicht eindeutig zuzuordnen waren (z. B. tritt I1 bei K1 bis K13 überall auf), sind beim ersten Auftreten K1 bis K13 zugeordnet worden. Nur marginal relevante Fachinhalte für EiB/F wurden zu dem integrierten Block I33. Die Fachinhalte Ga1, H2 und H3 wurden nicht zugeordnet.

Hieraus ergibt sich die Lernmodulsequenz, wie sie in den Version 7 bis 9 umgesetzt wurde (vgl. Abbildung C.2 bzw. Anhang G).

Tabelle 5.3: Segmentierung/Sequenzierung I:

Typische berufliche Situationen K1 bis K13 sind dem hierarchisch abhängigen Wissen (vgl. Abschnitt 3.3.2, Seite 16) *Regelbetrieb* und *Unregelmäßigkeiten* (Unregelm.) zugeordnet worden und die Basis für die Vorbereitung auf die IHK-Zwischenprüfung ZP ist dargelegt.

<i>A</i>	<i>Regelbetrieb</i>	<i>B</i>	<i>ZP</i>	<i>C</i>	<i>Unregelm.</i>
K1	Arbeitsbeginn Betriebszentrale-Fahrdienstleiter	K8	Themen nach dem <i>Arbeitskreis Ausbildung EiB</i> (April 2012)	K10	Innen- und Außenanlagen
K2	Zugdurchfahrt ohne Halt	K9	Themen nach der Verordnung 2004	K11	zugbedingte Anlässe
K3	Rangierfahrt			K12	betriebliche Anlässe
K4	Zugausfahrt im Zugbildungsbahnhof			K13	andere Zuständigkeitsbereiche
K5	Zugdurchfahrt mit Halt im Bahnhof				
K6	Einfahrt endender Züge				
K7	Arbeitsende				

Tabelle 5.4: Segmentierung/Sequenzierung II:
Einige Fachinhalte sind integrierten Blöcken (IB) zugeordnet.

<i>IB</i>	<i>Fachinhalt</i>	<i>IB</i>	<i>Fachinhalt</i>	<i>IB</i>	<i>Fachinhalt</i>
I1	Mitarbeiter im Betrieb	I12	außergewöhnliche Sendung	I23	Bahnhofsfahrordnung
I2	Richtlinien, Umgang mit Richtlinien	I13	Übergang Rangierfahrt-Zugfahrt	I24	Zugmeldungen
I3	Bahnhofsplansymbole	I14	Triebfahrzeuge	I25	besondere Betriebsweisen
I4	punktförmige Zugbeeinflussung	I15	Arbeitsplatz Stellwerk	I26	Gleise sperren
I5	Fahrplanarten	I16	Fahrweg einstellen	I27	Besonderheiten der Zugfahrten
I6	Befehl	I17	Zustimmung des Fahrdienstleiters zur Fahrt	I28	Streckenblock
I7	Maßnahmen bei Gefahr	I18	Oberleitung	I29	Störungen an Außenanlagen
I8	Bemshundertstel	I19	Oberbau	I30	Störungen an Innenanlagen
I9	Wagen kuppeln	I20	Weichen	I31	Durchsagen, Kommunikation
I10	Ablaufbetrieb [später in K3]	I21	Signale	I32	Betriebszentrale
I11	Fahrzeuge festlegen	I22	Bahnübergänge		

5.2.4 Theoretische Basis zum Lernen in Lernmodulen

Der Umfang einer Webseite umfasst mehr als fünf bis sieben neue Informationen (Miller, 1956) und lange Texte erscheinen auf einer Seite (Unz, n. d., S. 321; Mayer, n. d., S. 174-176). Dies resultiert wie auch bei anderen Lernprogrammen (vgl. z. B. Schmidt und Gutschow, 1999, S. 43-51) aus dem Kompromiss zwischen einer überschaubaren Anzahl an Lernmodulen, einer gleichverteilten Lernseitenanzahl in der Ausbildungssoftware, abgeschlossenen Lehrinhalten je Lernmodul, einer minimalen Seitenanzahl je Lernmodul und sieben neuen Informationen pro Lernseite bei vollständiger Behandlung aller relevanten Fachinhalte. Zugunsten einer besseren Gesamtübersicht über alle Lernmodule wird den Lernern zugemutet, selbst auf Lernpausen zu achten.

In der Ausbildungssoftware soll der extraneous cognitive load (Sweller, 1988; Sweller, n. d., S. 26) möglichst gering sein und alle Zielgruppen angesprochen werden (vgl. auch die Theorie multipler Intelligenzen; Gardner, 2011). In Lernmodulen des dritten Ausbildungsjahres sind ausgearbeitete Beispiele effektiv umgesetzt (Reiss et al., 2008; Nickolaus und Wuttke, n. d., S. 170; Stark et al., n. d., S. 36; van Merriënboer, 1997, S. 179 f.; Renkl, n. d., S. 242). Mayer (n. d., S. 6 f.) sowie van Merriënboer und Kester (n. d., S. 78 f.) haben Prinzipien für das Multimedialernen zusammengefasst, die unter gewissen Voraussetzungen effektiv sind. Von diesen sind in der Ausbildungssoftware die folgenden berücksichtigt worden.

Multimediaprinzip (Mayer, 1989; Mayer, 2001, S. 223-241; Mayer, n. d., S. 70; Clark und Mayer, 2002, S. 54 ff.) vgl. Abbildung 5.2, Seite 79

Segmentierungsprinzip (Mayer, n. d., S. 169-176; Mayer und Chandler, 2001) Ein Lernmodul ist in mehrere Teilabschnitte mit Überschriften unterteilt.

Split-Attention-Prinzip (Ayres und Sweller, n. d.; Mayer, n. d., S. 6; Tarmizi und Sweller, 1988); vgl. Abbildung 5.2

Kontiguitätsprinzipien (Niegemann, n. d., S. 70; Clark und Mayer, 2002, S. 67 ff.; Mayer, n. d., S. 189-198; Mayer, n. d., S. 41 f.; Mayer und Anderson, 1991) Diese werden v. a. bei Streckenbändern (vgl. Abbildung C.4) angewandt.

Modalitätsprinzip (Mousavi, Low und Sweller, 1995; Mayer, n. d., S. 41-44; Clark und Mayer, 2002, S. 83 ff.; Mayer, n. d., S. 177 f.) Dieses Prinzip wurde exemplarisch in der Version 9 umgesetzt (vgl. Abbildung C.4).

Prinzip der Reihenfolge von Text und Bild (Kulhavy, Stock und Caterino, n. d.) Schriftlich ergänzende Kerninformationen treten jeweils

nach dem Bild auf, sofern nicht der Text auswendig zu lernen ist (z. B. bei Signalen; vgl. Abbildung C.8).

Kohärenz- bzw. Structure-Mapping-Prinzip (Mayer, n. d.*b*, S. 41-43; Moreno und Mayer, 2000*a*; Mayer, n. d.*e*, S. 187-197; Niegemann, n. d.*a*, S. 70; Clark und Mayer, 2002, S. 111 f.) Nur notwendige Texte und Bilder vermitteln die Fachinhalte.

Prinzip der Verarbeitungskontrolle (Schnotz, n. d., S. 59) Sicherheitsrelevante oder komplexe Fallbeschreibungen erfolgen schriftlich (vgl. Abbildung C.8).

Redundanzprinzip (Mousavi, Low und Sweller, 1995; Niegemann, n. d.*a*, S. 70; Clark und Mayer, 2002, S. 97 ff.; Mayer, n. d.*e*, S. 188-197; Sweller, n. d.*c*) Insbesondere treten auditive Erläuterungen zu Bildern oder Animationen nicht redundant auf (vgl. Abbildung 5.2).

Expertise-Reversal-Effekt (Kalyuga et al., 2003) Das Anspruchsniveau der Lernmodule wird mit fortschreitender Bearbeitung durch stärkere Vernetzung der vorausgesetzten Fachinhalte und durch dreistufige Leistungsniveau-Adaption höher.

Personalisierungsprinzip (Moreno und Mayer, 2000*b*; Mayer, n. d.*b*, S. 41-46; Niegemann, n. d.*a*, S. 70; Clark und Mayer, 2002, S. 133 ff.; Mayer, n. d.*f*, S. 203-207) Dieses Prinzip wurde exemplarisch in der Version 9 umgesetzt (vgl. Abbildung C.4).

Navigationsprinzip (Larson und Czerwinski, 1998, S. 30; Rouet und Pottelle, n. d.) Den Lernern wird eine Navigationshilfe angeboten und eine ausgewogene Menütiefe ist implementiert.

Site-Map-Prinzip (Chen und Rada, 1996; Shapiro, n. d.) Dieses Prinzip ist nur durch die Übersichten *Ausbildungskurs* bzw. *Themenauswahl* umgesetzt (vgl. Abbildung C.2).

Signalisierungsprinzip (Mautone und Mayer, 2001; Mayer, n. d.*e*, S. 187-197): In der Ausbildungssoftware sind Orientierungsmarken und hervorgehobene (Teil-) Überschriften umgesetzt.

Theoretische Grundlagen hierzu sind v. a. (vgl. Mayer, n. d.*c*, S. 6):

- die Cognitive Load Theorie von Sweller (n. d.*b*),
- das integrierte Modell des Text- und Bildverstehens von Schnotz (n. d.) und
- die kognitive Theorie des Multimedia-Lernens von Mayer (n. d.*a*).

Nicht umgesetzt wurde das Fidelity-Prinzip (Gulikers, Bastiaens und Martens, 2005; van Merriënboer und Kester, n. d., S. 78-80), weil realistische Stellwerksimulationen aktuell nicht eingebunden werden können und der Einsatz nur in wenigen Fällen sinnvoll ist (vgl. Abschnitte 5.3.4). Das Multimediaprinzip und das Prinzip der Reihenfolge von Text und Bild sind nicht immer durchgängig eingehalten worden, weil sicherheitsrelevante Textpassagen der Richtlinien für die Berufspraxis und für die IHK-Prüfungen wortwörtlich auswendig gelernt werden müssen (vgl. Abbildung C.8). Ob die Animation im Kopfbereich der Ausbildungssoftware, die den Bezug zum Eisenbahnwesen stets deutlich machen soll, lernhinderlich ist, müsste noch empirisch untersucht werden. Um Ablenkung zu vermeiden, die kognitive Belastung zu minimieren (Kinshuk, Lin und Patel, n. d., S. 402-408) und die notwendige Ernsthaftigkeit im Sicherheitsbereich zu unterstreichen, ist die Ausbildungssoftware nicht witzig konzipiert.

Die Komplexität der Lernmodule steigt zum Ende der Ausbildungssoftware an (vgl. Kapitel 4; Scandura, n. d., S. 215, S. 232-238). Das notwendige Repertoire zum selbstregulierten Lernen ist z. B. durch das Rahmenmodell von Boekaerts (1999) oder das prozessuale Selbstregulationsmodell von Schmitz (2001) theoretisch fundiert und effektiv (Sackmann, n. d., S. 290) umsetzbar. In der Ausbildungssoftware werden Informationen zum selbstregulierten Lernen Novizen angeboten (vgl. Levin und Arnold, n. d., S. 156-158); ein eigenes Lernmodul zum Einüben dieser Kompetenzen (wie z. B. bei Sackmann, n. d., S. 274 f., oder Klippert, 2012) ist nicht umgesetzt worden.

Da der Fahrdienstleiter streng nach Vorschrift handeln soll, sind das konnektivistische (Siemens, 2004) oder explorative Lernen wie bei Zimmer (n. d., S. 413 f.) eher hinderlich. Analog stehen auch das kollaborative oder kooperative Arbeiten nach dem Hauptzweck der Ausbildungssoftware nicht im Vordergrund. Bei Bedarf können parallel individuell präferierte Kommunikationsprogramme verwendet werden. Auch die Förderung der Transferfähigkeit ist aufgrund der Rigidität der Richtlinien nicht immer sinnvoll. Eine vertikale und horizontale Reduktion des dargestellten Stoffes (vgl. Eggen und Lesgold, n. d., S. 105) zur Reduktion der kognitiven Belastung wurde in weiten Bereichen angewandt.

Entsprechend der Theorie zum 4C/ID-Modell (vgl. van Merriënboer, 1997; van Merriënboer und Krammer, n. d.) wurde die Ausbildungssoftware im 3. Ausbildungsjahr konzipiert, wobei die Themen *Maßnahmen bei Gefahr*, *Befehle* und *Räumungsprüfung* zur Automatisierung von Handlungen intensiv trainiert werden.

5.3 Multimediadesign

Neben der Aufbereitung der Inhalte beeinflusst das Multimediadesign das Lernverhalten und die Motivation (vgl. Arnold et al., 2011, S. 137). Während

bei Irtel (2011) oder Anderson (2013) allgemeine Erkenntnisse zu der Wahrnehmung und zu der Verarbeitung zusammengefasst sind und im vorangegangenen Abschnitt 5.2.4 die theoretische Basis beschrieben wurde, wird hier die Ausbildungssoftware hinsichtlich des Multimediasigns konkreter dargestellt, also bezüglich Text (Abschnitt 5.3.1), Audio (Abschnitt 5.3.2), Bildern (Abschnitt 5.3.3) und Animationen (Abschnitt 5.3.4). Da das 4C/ID-Modell keine Aussagen zu dem Multimediaformat (van Merriënboer und Kester, n. d., S. 87) enthält, gelten entsprechende Aussagen hier für beide verwendeten Modelle. Allgemeine Medienfunktionen haben von Martial und Ladenthin (2005, S. 47-57) zusammengefasst.

5.3.1 Text

In der Ausbildungssoftware muss sehr viel Text auftreten, weil die Richtlinien exakt anzuwenden sind. Nach Alessi und Trollip (1991, S. 34) kann die Informationslänge eines Textes durch die begrenzenden Elemente, bei denen der Lernende reagieren muss, definiert werden. Hierzu gehören Items, Aktionselemente, die Elaborationen *Nachgehakt* und Nicht-Text-Elemente (z. B. Bilder). Ballstaedt (1997, S. 87 ff.) empfiehlt für Bildschirmpräsentationen pro Sinnzusammenhang maximal drei bis sieben Sätze zu bündeln und konstatiert, dass längere Texte am Bildschirm langsamer gelesen werden (vgl. auch Kerres, 1998, S. 259; Bruns und Gajewski, 2002, S. 82; Euler, Holz und Zimmer, 1992, S. 106). In der Ausbildungssoftware ist ein Download von PDF-Dateien (vgl. Arnold, 2001, S. 89 f.) wegen der Unübersichtlichkeit bei vielen Ausdrucken und der Sicherheitsrelevanz nicht sinnvoll. Folglich sind die umgesetzten Regeln zur Textdarstellung umso wichtiger. Hintereinander folgen nun allgemeine Erkenntnisse und Empfehlungen, deren Umsetzung in der Ausbildungssoftware und Besonderheiten aufgrund des Webseitenformats.

Erkenntnisse, Empfehlungen und Quellenliste

In der Theorie fundierte, empirisch bestätigte und darüber hinausgehende Empfehlungen zur Textgestaltung (z. T. auch für Webseiten) sind bereits oft zusammengestellt worden (z. B. Alessi und Trollip, 1991, S. 43-49; Euler, Holz und Zimmer, 1992, S. 55 f., S. 109 ff.; Ballstaedt, 1997; Alessi und Trollip, 2001, S. 60-76, S. 155-173; Bruns und Gajewski, 2002, S. 82-86; Furtado et al., n. d., S. 70-74; Vögele, 2003, S. 40-43; Köck, 2004, S. 131 f.; Groeben, 1978; von Martial und Ladenthin, 2005, S. 130 f.; Ivers und Barron, 2006, S. 75 f.; Niegemann et al., 2008, S. 175-188; Arnold et al., 2011, S. 139 f. sowie Schnotz und Horz, n. d., S. 90 f.).

Schwerpunkte zur empfohlenen Textverwendung

In der Ausbildungssoftware werden von diesen Empfehlungen insbesondere die folgenden weitgehend berücksichtigt.

Formatbezogenes Textverstehen (vgl. Quellenliste)

- Zeichensatz: Lesbarkeit und Lesefehlerminimierung (bezüglich Schriftfamilie bzw. -art, Schriftform, Schriftstärke, Schriftgröße) sowie die Anzahl verwendeter Schriften
- Text: Flattersatz, Linksbündigkeit und Strukturierung (Textblöcke mit Überschriften und fetten Hauptüberschriften – ggf. über mehrere Blöcke sowie Orientierungsmarken)

Inhaltliches Textverstehen (vgl. Quellenliste)

- Syntaktische Einfachheit: Kompositavermeidung, Kürze von Wörtern und Sätzen
- Semantische Klarheit: Verständlichkeit und Bekanntheit der Wörter (vorbehaltlich notwendiger Fachtermini), Überschriften (thematisch, formal oder perspektivisch), Kohärenzen (im Satz und zwischen Sätzen) sowie Elaborationen
- Struktureller Überblick: Zusammenfassungen, Orientierungsmarken, korrekte Rechtschreibung und Grammatik sowie Visulisierungen (Text in Bildern)

Häufige und wichtige Fachwörter, Definitionen und Abkürzungen (vgl. Quellenliste oben) können in der Ausbildungssoftware nachgeschlagen werden. Nicht umgesetzt wurden in der Ausbildungssoftware insbesondere (vgl. Quellenliste oben):

- Versalinen, Kontur-, schattierte, blinkende oder Negativschriften sowie seitenweises Blättern und
- Unterstriche wegen der Verwechslungsgefahr mit Verlinkungen.

Kursivschriften werden in der Ausbildungssoftware nur selten verwendet wegen der schwereren Lesbarkeit auf dem Bildschirm (vgl. Quellenliste). Die Webseiten sind meist nur vertikal scrollbar.

Details zur empfohlenen Textverwendung

Einige Punkte der Aufzählung oben konkretisierend wurde in der Ausbildungssoftware u. a. das Folgende umgesetzt (vgl. Quellenliste).

- Schrift: Es ist i. d. R. die schmale und aufrechte Standardschriftart in Standardgröße umgesetzt. In Tabellen, die nach dem Lernen überwiegend zum Nachschlagen verwendet werden sollen, treten manchmal verkleinerte Schriften auf, um den Gesamtüberblick nicht zu verlieren (vgl. z.B. Abbildung C.8 bzw. Lernmodul *Signale* in Version 7 der Ausbildungssoftware). Farbkontrastkombinationen bezüglich Text- und Hintergrundfarbe treten in der Ausbildungssoftware entsprechend Tabelle 5.5 auf.

Tabelle 5.5: Farbschema der Ausbildungssoftware:

Alle auftretenden Text-Hintergrund-Farbkombinationen der Ausbildungssoftware sind abgebildet.

<i>Auftreten</i>	<i>Farbkombination</i>	<i>Häufigkeit der Verwendung</i>
allgemein	Hauptmenü	häufig
	Haupttext	häufig
	Hilfelinke	nur marginal
	Zusatztext	nur marginal
im Lernmodul	Lernmodultext	häufig
	Nachgehakt: Text	häufig
	Lernmodullinke	nur marginal
Lernmodulmenü	Weiter	sehr häufig
	Kernwissen	sehr häufig
	Übung	sehr häufig
	Test	sehr häufig

- Visualisierung (Text in Bildern; vgl. Abschnitt 5.3.3 und Abbildung 5.2)
- Orientierungsmarken und Übersichten: Fettdruck, hervorgehobene (Teil-) Überschriften, Schriftgröße, Spiegelstriche oder Nummerierungen, Übersichten in Tabellen (vgl. Abbildung C.1), Linklisten zu vorausgesetzten Fachinhalten (vgl. Abbildung C.1),
- zusätzliche Stimulierung: z.B. durch Elaborationen *Nachgehakt* oder *Erinnern Sie sich noch an ...?* (Ballstaedt, 1997; Merrill, n. d.a, S. 323)
- Zusammenfassungen: In der Regel ist in den Grundstufenlernmodulen das Kernwissen zwischen den Lerncontent- und den Übungsseiten zusammengefasst. Manche Fachinhalte (z. B. Regelbetrieb – Zugdurchfahrt ohne Halt – Signale – Seite 9 von 11) sind wortwörtlich zu lernen, so dass keine vereinfachende Zusammenfassung erfolgen kann.

- Rechtschreib- und Grammatikprüfung: Die Lernmodule sind unabhängig voneinander von zwei Personen komplett und von mindestens fünf Personen stichprobenartig überprüft worden (vgl. auch Anhang D).

Besonderheiten der Webseiten-Textdarstellung

Indem Nutzer im Betriebssystem ihres PCs oder im Browser Änderungen an der Schrift, dem Farbschema, der Bildschirmauflösung und der Fenstergröße vornehmen können bzw. die Ausbildungssoftware als Webseite konzipiert ist, sind folgende Empfehlungen (vgl. Quellenliste oben) nicht zu gewährleisten:

- gute Lesbarkeit bezüglich der Schrift (Schriftart Verdana, Georgia oder Times New Roman, Buchstaben- und Wortabstände, Standardschriftgröße 12 pt bis maximal 18 pt und Zeilenabstand 1 bis 1,5),
- Vermeidung von horizontalem Scrollen bzw. gut strukturierte Darstellung der Webseitenelemente,
- Farbkontrast und
- maximale Zeilen- und Seitenlänge (abhängig von der Bildschirmauflösung, der Größe des aufgezogenen Browserfensters und der eingestellten Schrift; acht bis zehn Wörter bzw. 60 – 80 Buchstaben je Zeile; zehn Zentimeter Zeilenlänge).

Exemplarisch stellt Tabelle 5.6 konkrete Zeilenlängen und Wörter pro Zeile bei Variation der Schriftgröße im Standardfall (Times New Roman, 494 Zeichen bzw. 69 Wörter im Einleitungstext der Webseite Regelbetrieb – Arbeitsbeginn BZ/Fdl – Umgang mit Richtlinien, Auflösung 1280 x 800 Pixel und maximiertes Fenster) dar. Für die sehr große Schriftart werden die empfohlenen Werte beinahe erreicht. Die Textinhalte sind berufspraxisorientiert,

Tabelle 5.6: Variation der Schriftgröße:

In Abhängigkeit von der Schriftgröße ändern sich im Standardfall (Times New Roman, 494 Zeichen bzw. 69 Wörter im Einleitungstext der Webseite Regelbetrieb – Arbeitsbeginn BZ/Fdl – Umgang mit Richtlinien, Auflösung 1280 x 800 Pixel und maximiertes Fenster) die durchschnittliche Zeichen- und Wörterzahl pro Zeile.

<i>Schriftgröße im Browser</i>	<i>Zeilen</i>	<i>Zeichenzahl</i>	<i>Wörterzahl</i>
mittel oder größer	ca. 4	ca. 124	ca. 17
sehr groß	ca. 5	ca. 98	ca. 14

eher deduktiv (Niegemann et al., 2008, S. 141 f., S. 180) und differenziell (Niegemann et al., 2008, S. 180) mit motivierenden Akzenten (vgl. Abschnitt 5.5) sowie linear sequenziert. Zur Verminderung der Desorientierung und der kognitiven Belastung wurde die Menüstruktur übersichtlich und ausgewogen flach (Larson und Czerwinski, 1998, S. 30; Rouet und Potelle, n.

d., S. 300-308; Shneiderman, 2009) gehalten und das Hauptnavigationsmenü mit dem aktuellen Standort bleibt stets sichtbar (Rouet und Potelle, n. d., S. 308). Insgesamt wird dennoch vermutet, dass die Lernmodule dieser Ausbildungssoftware wegen der notwendigen Textlastigkeit aufgrund der Richtlinien wesentlich ineffektiver als bei anderen Lernsoftwareprogrammen sind. Auch die Idee abschnittsweise aufklappbarer Textabschnitte in der Ausbildungssoftware löst nicht grundsätzlich diese Problematik, weil hierdurch die Übersichtlichkeit verloren ginge.

5.3.2 Audio

Audioanwendungen treten in der Ausbildungssoftware nicht im Schwerpunkt auf. Im Folgenden werden theoretische, empirische und sonstige Erkenntnisse und Empfehlungen und in der Ausbildungssoftware umgesetzte Soundeffekte und Sprechtexte aufgezeigt.

Erkenntnisse, Empfehlungen und Quellenliste

Eine theoretische Grundlage für das Audiodesign in der Ausbildungssoftware ist das Rahmenmodell von Flender (2002). Im Unterschied zum Abschnitt 5.3.1 geben weniger Wissenschaftler theoretisch fundierte, empirisch abgesicherte oder darüber hinausgehende Empfehlungen zur Audioverwendung (vgl. Paechter, 1996, S. 62, S. 168-171; Baddeley, 1999; Arnold, 2001, S. 96 f.; Bruns und Gajewski, 2002, S. 92 f., S. 100; Flender, 2002; Linek, Gerjets und Scheiter, 2006; Niegemann et al., 2008, S. 201 f.; Alten, n. d.). Da die Ausbildungssoftware sicherheitsrelevante Fachinhalte abbildet, sollen weder eine Hintergrundmusik noch Leitmotive verwendet werden. Nachfolgend werden die Soundeffekte und Sprechtexte beleuchtet, die in Version 9 der Ausbildungssoftware (vgl. Abschnitt 5.6.3 bzw. Anhang G) exemplarisch umgesetzt sind.

Soundeffekte

In der Ausbildungssoftware sind Signaltöne ausschließlich wie in der Realität auf dem Stellwerk fallbezogen umgesetzt (vgl. Quellenliste). Indem diese v. a. bei auftretenden Störungen ertönen, wird bei beiden die Aufmerksamkeit geweckt und auf bestimmte Situationen hingewiesen (Flender, 2002). Auf Stellwerken werden folgende Signaltöne verwendet:

Summer v. a. für Störungen an der **S**pannungsversorgung,

Wecker v. a. für Störungen an **W**eichen und

Hupe v. a. für Störungen an Signalen (**H**auptsignale).

Diese Soundeffekte werden durch die Anbindung an Unregelmäßigkeiten im Betriebsdienst fast ausschließlich im dritten Ausbildungsjahr verwendet.

Sprechtexte

Nach Baddeley (1999) sind auditive Informationen besonders einprägsam. Kurze Texte, die als Erläuterungen zu Bildern oder Animationen in der Ausbildungssoftware auftreten, sind als professionelle Sprechtexte eingebunden worden (Niegemann et al., 2008, S. 201-203; Bruns und Gajewski, 2002, S. 92 f.; Paechter, 1996, S. 169; vgl. Abbildung C.4). Ferner werden auch professionelle Sprechtexte für die zusammenfassenden Kernaussagen am Ende jeder Lerncontentseite verwendet, um den Lernern ein schnelles und konzentriertes Repetieren ohne Lesen zu ermöglichen; und zwar auch für längere Texte. Während bei Lerninhalten von langen Sprechtexten abgeraten wird (Niegemann et al., 2008, S. 201), gibt es zur Verwendung von Sprechtexten speziell zum Repetieren keine Aussagen. Es ist zu vermuten, dass hierfür andere Regeln gelten.

Im Rahmen des barrierefreien Zugangs sollen zwar nach § 3 BITV⁵ relevante Informationen auch auditiv dargeboten werden (vgl. Arnold et al., 2011, S. 162-166), jedoch sind Menschen mit massiven Einschränkungen aus Gründen der Sicherheitsrelevanz eher nicht für den Einsatz auf Stellwerken geeignet. Daher muss die Forderung nach dem barrierefreien Zugang in der Ausbildungssoftware nicht berücksichtigt werden.

Ein externes Tonstudio⁶ hat die gewünschten Audiosequenzen mit einem menschlichen Sprecher entsprechend der Anforderungen (Paechter, 1996, S. 62; Niegemann et al., 2008, S. 193, S. 202; Bruns und Gajewski, 2002, S. 93; Alten, n. d., S. 213 f.) professionell produziert. Damit der Ausbildungssoftware nicht aufgrund der Media-Equation-Annahme, der eher fachlich nüchternen Situation und der oft auch technischen Bezüge subjektiv eine geringere Fachkompetenz zugeschrieben wird (vgl. Niegemann, n. d., S. 135 f.), ist eine menschliche Männerstimme umgesetzt worden, obwohl eine menschliche Frauenstimme angenehmer ist (Linek, Gerjets und Scheiter, 2006).

Die Einbindung der durch Fremdauftrag erstellten Audiosequenzen in die Ausbildungssoftware erfolgte nicht mehr extern.

5.3.3 Bilder

Bilder werden in der Ausbildungssoftware in verschiedenem Zusammenhang unterstützend verwendet (Schnotz und Horz, n. d., S. 91). Nachfolgend werden die verwendeten Bilderarten, wichtige Erkenntnisse und Empfehlungen sowie Besonderheiten bei deren Umsetzung in der Ausbildungssoftware dargestellt.

⁵BITV: Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz vom 17. Juni 2002

⁶Matthias Ernst Holzmann, www.isid.de, zuletzt abgerufen am 12.8.2013

Verwendete Bilderarten

In der Ausbildungssoftware kommen im Lernkontext nur informierende, realistische oder logische Bilder vor (Weidenmann, n. d. a; Schnotz und Horz, n. d., S. 87, S. 92). Dabei treten neben Fotografien (vgl. Abbildung C.1) auch Strichzeichnungen (vgl. Abbildung 5.2) auf. Zur Ablaufsteuerung werden realistische logische Bilder verwendet. Dekorative Bilder sind nicht verwendet worden, weil sie nicht lerneffektiv sind (Schnotz und Horz, n. d., S. 91; Ernst, 2012, S. 65).

Erkenntnisse, Empfehlungen und Quellenliste

Zu Bildern liegen umfangreiche theoretisch basierte, empirisch abgesicherte und darüber hinausgehende Erkenntnisse bzw. Empfehlungen vor (z. B. Alessi und Trollip, 1991, S. 39; Drewniak, 1992, S. 27-37; Weidenmann, n. d. a; Alessi und Trollip, 2001; Arnold, 2001, S. 93-96; Bruns und Gajewski, 2002, S. 87-92; Köck, 2004, S. 132-136; von Martial und Ladenthin, 2005, S. 63-110; Niegemann et al., 2008, S. 208-210, S. 216, S. 221-229; Schnotz und Lowe, n. d.; Arnold et al., 2011, S. 141 f.; Schnotz und Horz, n. d.; Ernst, 2012). Als weitere Grundlage werden dort neben den Erkenntnissen in Abschnitt 5.2.4 auch die Gestaltgesetze (z. B. Gesetz der Nähe, Gesetz der Ähnlichkeit, Gesetz der Geschlossenheit, Gesetz der guten Gestalt, Gesetz der guten Fortsetzung, Gesetz des gemeinsamen Schicksals und eindeutige Figur-Grund-Trennung) genannt.

Besonderheiten umgesetzter Empfehlungen

Alle Empfehlungen wurden in der Ausbildungssoftware weitgehend berücksichtigt. Dabei wirkten sich die folgenden in besonderer Weise aus (vgl. Quellenliste).

- Wichtige Details zu Bildern werden manchmal im nachfolgenden Text ergänzt (z. B. „Konzentrieren Sie sich nun auf ...“).
- Die Bilder haben möglichst klare Begrenzungen, gute Farb- und Helligkeitskontraste, Einfärbungen und Schattierungen (vgl. Abbildung 5.6).
- Die Überladung von Bildern wurde vermieden. Die Bilder umfassen möglichst nur fünf bis sieben optische Gruppen, wobei insbesondere bei Fotos der Realitätsgrad erhalten bleibt (vgl. Abbildung 5.6). Die Bildgröße lässt die optischen Gruppen gut erkennen.
- Die fotografischen Bilder sind nicht nachbearbeitet worden und der Blickwinkel ist dem Praktiker im Beruf vertraut (vgl. Abbildung 5.6).
- Manchmal sind Objekte im Kontext dargestellt, um szenische Schemata bei Lernenden, die bereits mit ähnlichen Situationen konfrontiert

waren, zu aktivieren (vgl. Fotografie zu dem Ablaufberg bzw. den Ablaufbetrieb auf der Seite *Ausbildungskurs*).

- Piktogramme treten als Bilder im Kopfband der Ausbildungssoftware zur Menüsteuerung und dem Angebot von Unterstützungswissen oder sonstigen informierenden Hilfen (vgl. Abbildung C.6) auf.
- Sofern die zentrale Bildinformation nicht bereits durch den Bildfokus oder die Objektgröße bzw. -farbe eindeutig klar ist (vgl. Hauptsignal auf der Seite *Ausbildungskurs*), wurden die Objekte maßvoll farblich hervorgehoben und ggf. im Bild referenziert (z. B. blaue Zugfahrt mit der Zugnummer 99177 in der Abbildung 5.2).
- Manche Bilder wurden didaktisch reduziert, um Wesentliches zu betonen (z. B. fehlende Signale in den Bahnhöfen auf dem Streckenband der Abbildung 5.2). Diese Reduktion ist fachlich auch deswegen vertretbar, weil bei ESTW⁷ zwei Ansichten für Streckenbänder existieren, die sogenannte *Lupe* mit Detailangaben und die Bereichsübersicht *Berü* mit einer weniger detatillierten Bildschirmanzeige.
- Handlungsabläufe sind in der Ausbildungssoftware durch Einzelbilderabfolgen, durch Videos oder selten durch Animationen dargestellt (Schnotz und Lowe, n. d.).
- Das Verstehen und Behalten von Inhalten wird entsprechend der Lehrziele gefördert, indem die Aufmerksamkeit gelenkt, eine komplexe Situation konkretisiert und praxisnah dargestellt oder eine Organisation im Gesamtzusammenhang angegeben wird (vgl. Mindmap unter Regelbetrieb – Zugausfahrt im Zugbildungsbahnhof – Sperrfahrt – Seite 1 von 8).
- Der Realitätsgrad von Fotografien ist mittel bis hoch.
- Manchmal wird der Lerner zur eigenen bildlichen Vorstellung von Sachverhalten aufgefordert. Da hierbei oft abstrakte Bestandteile auftreten, sind keine lernförderlicheren Bilder verwendet worden.

5.3.4 Animationen

Das Lernen durch Animationen ist in weiten Bereichen mit dem Lernen durch Bilder vergleichbar (Schnotz und Lowe, n. d.). Zunächst werden die in der Ausbildungssoftware verwendeten Animationsarten umrissen, dann Erkenntnis- und Empfehlungsquellen sowie Besonderheiten umgesetzter Animationen angegeben.

⁷ESTW: Elektronisches Stellwerk

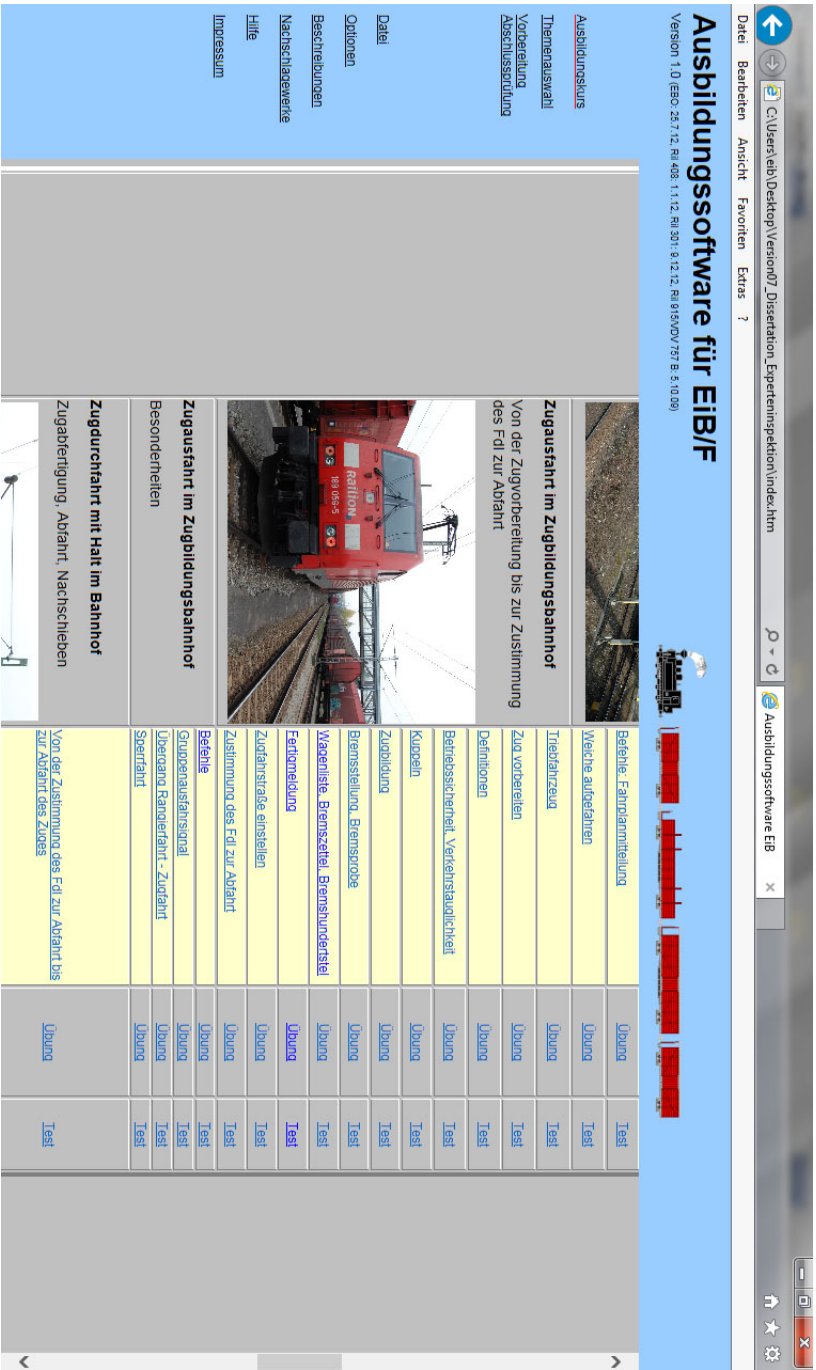


Abbildung 5.6: Optische Bildgruppen:
Das Bild ist mit den vier optischen Gruppen: Triebfahrzeug, leerer Gleisabschnitt, belegte Nachbargleise rechts und links übersichtlich strukturiert.

Verwendete Animationsarten

Während Handlungsabfolgen in der Ausbildungssoftware überwiegend mit Einzelbildern dargestellt werden (Schnotz und Lowe, n. d.), finden in der Ausbildungssoftware als Animationen neben wenigen Videoaufnahmen (z. B. Video zur Arbeitsaufnahme unter Regelbetrieb – Arbeitsbeginn BZ/Fdl – Einsehen von Unterlagen – Seite 2 von 5) auch Kurzanimationen zur Darstellung von blinkenden oder leuchtenden Meldelampen auf dem Stelltisch bzw. dem Monitor – oft zusammen mit auditiven Signalen (z. B. aufgefahrere Weiche in den Fällen 6 und 7 mit ertönendem Wecker unter Abweichungen vom Regelbetrieb – Innen- und Außenanlagen – Weichenstörung) – ihre Anwendung (vgl. Tabelle 5.7). Dekorative Animationen sind in der Ausbildungssoftware nicht umgesetzt.

Tabelle 5.7: Eigenschaften zu Videos und Kurzanimationen:

Für Videos und Kurzanimationen (z. B. blinkende Leuchtmelder) sind einige Eigenschaften dargestellt (vgl. Einteilungsschema: Niegemann et al., 2008, S. 240-243; Inhalte: Kosslyn, 1980; Lowe, 2003, S. 159; Niegemann et al., 2008, S. 242, S. 258 f.; Arnold et al., 2011, S. 140).

<i>Kriterium</i>	<i>Video</i>	<i>Kurzanimation</i>
Veränderungsart	v. a. Translation	Transformation (Farbe)
Komplexität der Bewegung	hoch	niedrig
Abstraktionsgrad	konkret	konkret
Darstellung	ikonisch	meist ikonisch
Inhalte	dynamisch: natürliche Prozesse	dynamisch: technische Prozesse
Grad der Nutzerkontrolle	wie reguläre Videogeräte	keine
Parameter	–	–
Abspiellänge	kurz (maximal drei Minuten)	solange sichtbar
Audio	nur Text	nur Sound

Erkenntnisse, Empfehlungen und Quellenliste

Die theoretisch basierten und empirisch abgesicherten Erkenntnisse zu Animationen und Simulationen sind weniger umfangreich als zu Texten oder Bildern. Einzelaspekte oder Zusammenfassungen hierzu finden sich z. B. bei Wagner (2001, S. 118 f.), Gerdes (n. d., S. 81 f.), Berg (2003, S. 184 f.), Vögele (2003, S. 23-25, S. 39 f.), Bétrancourt (n. d.), Mayer (n. d., S. 6 f.), Schnotz (n. d., S. 65), von Martial und Ladenthin (2005), Niegemann (n. d., S. 70), Niegemann et al. (2008, S. 239-268), Schnotz und Lowe (n. d.),

Arnold-2011, Schnotz und Horz (n. d., S. 94) sowie Weidenmann (n. d.b, S. 78).

Besonderheiten umgesetzter Empfehlungen

Einige Animationen sind in der Ausbildungssoftware aus bestimmten Gründen nicht umgesetzt worden.

Keine animierte Translation von Fahrzeugbewegungen Auf die animierte Zug- oder Rangierbewegung auf Streckenbändern wurde verzichtet, weil die Wahrnehmung und Einschätzung der Ausgangssituation (Standorte der Fahrzeuge und der Signale sowie Erfassung der gesamten Situation) für das Stellwerkpersonal eine realitätsgetreue Entscheidungssituation darstellt und genau diese Fähigkeit zum Einschätzen von Ausgangssituationen trainiert werden soll.

Keine Simulation des Stellwerkbetriebs Für Fahrdienstleiter dürfte es zwar lehrreich sein, die Folgen von Fehlentscheidungen zu erfahren, was am besten durch ein Simulationsprogramm umgesetzt werden kann (Vögele, 2003, S. 23-25, S. 39 f.; Wagner, 2001, S. 118 f.; Berg, 2003, S. 184; Schank, 1998), bedeutender aber ist hier das Lernen und Üben korrekter Reaktionen auf bestimmte betriebliche Ausgangssituationen, die in Anlehnung an die Berufspraxis besser durch eine Momentaufnahme, also ein Bild, darstellbar sind. Dies gilt ebenso für Ansätze der virtuellen oder erweiterten Realität (augmented reality). Aktuell existieren für Stellwerke nur wenige Simulationsprogramme⁸, die der Realität sehr nahe kommen. Diese können aber zumindest aus lizenzrechtlichen Gründen nicht in die Ausbildungssoftware integriert werden. Eine Eigenentwicklung wäre unverhältnismäßig. Weil das Betätigen der Knöpfe oder der Maus keine Schwierigkeit für Fahrdienstleiter darstellt, benötigen sie hierfür kein dynamisch mentales Modell. Der Hauptvorteil implementierter Simulationen in der Ausbildungssoftware läge in der Vorbereitung auf den Praxisteil der IHK-Abschlussprüfung, die aktuell mit Simulationsprogrammen durchgeführt wird. In anderen Ausbildungsbereichen, wie etwa der Metall- und Elektroindustrie (Schütte und Mansfeld, 2013, S. 306-310), für Fluglotsen, Piloten, U-Bahn- oder Busfahrer bzw. in der Medizin (vgl. Vincenzi, Gersing und Coppoc, n. d.) werden Simulationen hingegen seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt.

Weitere Besonderheiten sind die folgenden (vgl. Quellenliste).

- Mit den Animationen soll primär der Erwerb prozeduralen Wissens unterstützt (vgl. Video unter Regelbetrieb – Arbeitsbeginn BZ/Fdl –

⁸vgl. www.funkwerk-it.com oder www.signalsimulation.com; Stand: 31.12.2013

Einsehen von Unterlagen – Seite 2 von 5), der Realitätsgrad und der Praxisbezug bei der Darstellung natürlicher Prozesse erhöht (vgl. Melder einer aufgefahrenen Weiche in den Fällen 6 und 7 unter Abweichungen vom Regelbetrieb – Innen- und Außenanlagen – Weichenstörung) und der Lerner zum Nachmachen animiert und motiviert werden. Kein Ziel der Animationen soll aufgrund der Sicherheitsrelevanz und der Rigidität der Richtlinien das explorative Lernen sein.

- Invariante Bewegungsmuster werden nicht verwendet.
- Animationen sind aufgrund ihrer Kürze oder Einfachheit der dargestellten Handlung nicht in Teilhandlungen zerlegt und besitzen keine Darstellungscodes. Wichtige Teilhandlungen werden auditiv parallel oder schriftlich direkt danach ergänzt.
- Ein Pretraining für Animationen ist wegen der selbsterklärenden Darstellung nicht nötig.
- Ergänzende oder vertiefende Informationen zur Animation werden auditiv parallel oder schriftlich direkt dahinter gegeben (unter Berücksichtigung des Split-Attention-Effektes). Hierdurch wird auch der „illusion of understanding“ (Bétrancourt, n. d., S. 293) entgegengewirkt (vgl. Video unter Regelbetrieb – Arbeitsbeginn BZ/Fdl – Einsehen von Unterlagen – Seite 2 von 5).
- Die Lenkung der Aufmerksamkeit durch die Kameraführung, die Kamerabewegung, den Betrachtungswinkel und den Abstand zum Objekt ist oft begrenzt durch den geringen freien Platz in Stellwerken und den Sicherheitsraum im Gleisbereich.
- Bei notwendiger Aufmerksamkeitslenkung erfolgt diese schriftlich direkt vor dem Video (z. B. „Achten Sie auf ...“).
- Von einer Variation der Abspielgeschwindigkeit bei Animationen wurde abgesehen, denn sie haben nur eine kurze Abspiellänge und eine Verzerrung der Aufnahme würde die Situation ins Lächerliche ziehen.

Erwähnt wurde bereits, dass komplizierte oder lange Texte als Lerncontent nur schriftlich verwendet werden (Abschnitt 5.3.1) und dass auditive Elemente vorteilhaft mit Animationen einsetzbar sind (vgl. Modalitätsprinzip und Abschnitt 5.3.2).

5.4 Interaktionsdesign und Lernerunterstützung

Im Rahmen des Interaktionsdesigns und der Lernerunterstützung liefert Abschnitt 5.4.1 einen allgemeinen theoretischen Hintergrund und bildet eine

Brücke v. a. zu der Usabilityuntersuchung in Kapitel 6, während die konkreten Inhalte zur Interaktivität, zur Adaptivität, zur Lernerunterstützung und zu situativen Hilfen Abschnitt 5.4.2 zeigt. Abschnitt 5.4.3 legt das Design von Items dar und Abschnitt 5.4.4 schließt mit der Beschreibung des Feedbacks in der Ausbildungssoftware ab.

5.4.1 Mensch-Computer-Interaktion

Nach dem Säulenmodell von Shneiderman (2009) bilden Theorien und Modelle, Algorithmen und Prototypen sowie kontrollierte Experimente wichtige Bereiche für die erfolgreiche Schnittstellenentwicklung zwischen Mensch und Computer. Einige Algorithmen zur Entwicklung der Ausbildungssoftware werden in dem Abschnitt 5.6 angeschnitten, während kontrollierte Experimente in dem Kapitel 6 umrissen werden. Als grundlegende Theorien und Modelle treten neben denen, die in den Abschnitten 5.1 bis 5.3 genannt sind, vor allem Interaktionsmodelle, Modelle vom Menschen und Modelle des Nutzers (vgl. Zusammenstellungen z. B. von Niegemann et al., 2008, S. 279-284), DIN-Normen (vgl. Zusammenstellungen z. B. von Niegemann et al., 2008, S. 285 f., Arnold et al., 2011, S. 337-340, S. 346-348 oder Pawlowski und Bick, n. d., S. 226) und z. B. die folgenden zehn Heuristiken von Nielsen (n. d.) auf.

1. „Aesthetic and minimalist design“ bzw. Dialoginformation optimieren
2. „Match between system and the real world“ bzw. Nutzersprache verwenden
3. „Recognition rather than recall“ bzw. Verringerung der kognitiven Belastung
4. „Consistency and standards“ bzw. Konsistenz gewährleisten
5. „Visibility of system status“ bzw. Feedback geben
6. „User control and freedom“ bzw. Nutzerkontrolle zulassen
7. „Help users recognize, diagnose, and recover from errors“ bzw. Fehlermeldungen geben
8. „Error prevention“ bzw. Fehler vermeiden
9. „Help and documentation“ bzw. Hilfen und Dokumentationen anbieten
10. „Flexibility and efficiency of use“ bzw. Adaptivität umsetzen

In dem Sinne des Säulenmodells sind damit nicht nur Menüzugriffe oder Dialoge (Kommandos, Hotkeys, Mausklick, Tastatureingabe und Formulare) zwischen Nutzer und Computer in der Ausbildungssoftware gemeint, sondern

auch die Ausbildungssoftware insgesamt. Diesen Rahmen berücksichtigend treten folgende Besonderheiten in der Ausbildungssoftware auf.

- Das Feedback an den Lerner wird in Abschnitt 5.4.4 beschrieben.
- Vorbehaltlich der notwendigen Fachtermini wird auf eine einfache Sprache geachtet (vgl. Abschnitt 5.3.1).
- Das Konzept zur Nutzerkontrolle wurde in den Abschnitten 5.1 bis 5.2 dargelegt und in den Abschnitten 5.3.2 und 5.3.4 angeschnitten. Die Nutzerkontrolle aus der Anwendungssicht wird im nächsten Abschnitt 5.4.2 dargelegt.
- Alle akzeptierten bekannten Fehler sind in der Entwicklungsphase behoben worden (vgl. Usabilityuntersuchung in Kapitel 6).
- Entsprechend des Designs der Ausbildungssoftware (vgl. Kapitel 5) wurde die kognitive Belastung weitgehend berücksichtigt.
- Die implementierte Adaptivität wird in Abschnitt 5.4.2 aufgezeigt.
- Die Optimierung der Dialoge ist weitgehend im Rahmen der Usabilityuntersuchung (vgl. Kapitel 6) durchgeführt worden.
- Meldungen zu Fehlern, zur Fehlersuche und zur Behebung sind im Rahmen der Webseitenanwendung auf die Ebene des Browsers verlagert, wobei der Lerner hierzu auch mit Ausbildungsexperten Kontakt aufnehmen kann.
- Neben situativen Hilfen (vgl. Abschnitt 5.4.2) werden folgende Hilfen in der Ausbildungssoftware permanent angeboten:
 - unterstützende Hinweise zu dem selbstregulierten Lernen (vgl. Zusammenfassung von Bönsch, 2010, S. 26-30),
 - zwei Beispiel-Stelltischanzeigen,
 - mehrere Übersichten (Merkinweise und Sperren, Geschwindigkeiten, vorgeschriebene Wortlaute für Befehl 11 sowie Anlässe für die Räumungsprüfung),
 - mehrere Nachschlagewerke (Definitionen, Abkürzungen, Expertentipps zu Grundlagen und zu Unregelmäßigkeiten sowie die Richtlinien 408 und 301) und
 - Hilfen von Ausbildungsexperten nach einer Anfrage per E-Mail.
- Auf folgende Dokumentationen kann der Lerner zugreifen:
 - Beschreibung der Software (Zweck, Anwendungsbereiche, pädagogisch-didaktisches bzw. technisches Konzept und Bedienungshinweise; vgl. Tenberg, 2001, S. 246 f.),

- Beschreibung der Navigation in der Ausbildungssoftware und
- Feedback zu dem eigenen Leistungsstand.
- Darüber hinaus soll eine eigene Dokumentation (Speichern oder Drucken) des aktuellen Zustandes möglich sein.
- Die Konsistenz muss vielschichtiger betrachten werden (siehe Abbildungsliste unten).
 - Innerhalb jeder Nutzergruppe (Novizen A, Novizen B und Fachpersonen) ist die Bedienung der Ausbildungssoftware konsistent.
 - Die Lernmodule der Grundstufe sind wie beabsichtigt abweichend von denen im dritten Ausbildungsjahr aufgebaut (vgl. Abschnitt 5.1).
 - Die Webseiten innerhalb eines Lernmoduls im dritten Ausbildungsjahr unterscheiden sich beabsichtigt (1. Seite: Motivation, Wiederholung und Erweiterungen — restliche Seiten: Fallbearbeitungen). Analoges gilt auch für die Grundstufe (1. Seite: Motivation, Anschlusswissen und Lernzielüberblick — Lerncontentseiten — Seite mit zusammengefasstem Kernwissen — Übungsseite — Seite mit Testitems) und die Part-Task-Trainings-Seiten (nur Fallbearbeitungen).
 - Diese drei Webseitenblöcke unterscheiden sich in geringfügigen Details, z. B. hinsichtlich des dargestellten Menüs oder der Verlinkung. Über diese Abweichungen kann sich der Lerner in der Dokumentation zur Navigation informieren.

Abbildungsliste: vgl. die Abbildungen 5.2 (Seite 79), C.4, 5.3 (Seite 80), C.5, C.6, C.7 und C.9.

5.4.2 Interaktivität, Adaptivität und Lernerunterstützung

Hintereinander werden in diesem Abschnitt die Interaktivität, die Adaptivität und die Lernerunterstützung mit den situativen Hilfen beleuchtet.

Interaktivität

In der Ausbildungssoftware sind Interaktionen im Sinne der Definition 5 umgesetzt, um Prozesse zu steuern (z. B. durch die sequenzielle Freischaltung von Lernmodulen), zu motivieren (z. B. Feedback mit angemessenem Lob für gute Aufgabenlösungen; vgl. Niegemann et al., 2008, S. 332), zu informieren (z. B. durch rückverweisende Verlinkungen), Informationen zu verarbeiten, zu speichern und abzurufen (z. B. durch ausgearbeitete Beispiele, Übungsitems mit konstruktivem Feedback oder Elaborationen) sowie den Transfer z. B. durch die Berücksichtigung rekurrierender bzw. nicht-rekurrierender

Teilfähigkeiten zu fördern (vgl. Klauer, 1985; Klauer und Leutner, 2012, S. 45). Zur Effizienz der Interaktivität in der Ausbildungssoftware wurde das NDH-Modell von Niegemann, Domagk und Hessel (zit. nach Niegemann et al., 2008, S. 303) weitgehend berücksichtigt.

Das allgemeine Interaktivitätsdesign ist aus dem didaktisch-pädagogischen Grobkonzept (Abschnitt 5.1) unter Berücksichtigung der Contentstrukturierung (Abschnitt 5.2) direkt ableitbar. Besonderheiten zu der Interaktivität treten in der Ausbildungssoftware wie folgt auf:

- sequenzielle Freischaltung bzw. eingeschränkter Zugriff auf die Lernmodule und auf die Vorbereitung der IHK-Prüfungen (vgl. Abschnitt 5.1.1),
- schlechtere Bewertung (und ggf. Absenkung des erreichten Leistungsniveaus) bei einzelnen nicht gelösten Testitems oder ungelösten Fällen (vgl. Abschnitt 5.4.3) und
- exemplarische Umsetzung von komplexen Items mit offenen Frageformaten mit einem Antwortverhalten in Anlehnung an künstliche Intelligenz (ohne Wissensdatenbank; vgl. Abschnitt 5.4.4, Versionen 8.1 bis 9 in Abschnitt 5.6 bzw. Anhang G; Alessi und Trollip, 1991, S. 472).

Nicht umgesetzt wurden in der Ausbildungssoftware z. B.:

- vom Lerner auswählbare Beispiele oder Items (Gründe: Kontext und pädagogisch-didaktisches Grundkonzept; vgl. Abschnitt 5.1),
- ein Itempool bzw. dynamisch zur Laufzeit ausgewählte Übungs- oder Testitems bzw. Fälle (Grund: kein Schwerpunkt der Arbeit; vgl. Alessi und Trollip, 1991, S. 206),
- aktive Hilfen (Grund: unverhältnismäßiger Programmieraufwand),
- Simulationen (Gründe: vgl. Abschnitt 5.3.4),
- Planungshilfen zur Lernmodulbearbeitung (Grund: parallel eingesetzte externe Standardprogramme genügen),
- geplanter Ex- oder Import bzw. Drucken des aktuellen Zustandes (Grund: kein Schwerpunkt der Arbeit),
- logisches Feedback auf Fehler von Lernern (Gründe: schwer objektiv ermittelbar bzw. unverhältnismäßiger Programmieraufwand) und
- pädagogische Agenten (Grund: unbekannte Rahmenbedingungen für die Lernförderlichkeit; Domagk, 2008, S. 215).

Zu exemplarisch implementierten Bestandteilen der Ausbildungssoftware vgl. Abschnitt 5.6.3. Die Ausbildungssoftware ist damit insgesamt als interaktiv zu bezeichnen. Die Effektivität muss noch empirisch geprüft werden.

Adaptivität

Arnold et al. (2011, S. 156) unterscheiden in Anlehnung an Lehmann (2010, S. 20) fünf Ebenen der Adaptivität bei Lernumgebungen. Von den vier Adaptionsprinzipien von Klauer und Leutner (2012, S. 120-122) bzw. Leutner (n. d. a, S. 120-122) kann keines auf die Ausbildungssoftware angewandt werden, weil nur wenige exemplarische Items aus den Basisitems abgeleitet wurden, kein entdeckendes Lernen umgesetzt wird, und den Lernern eine lange System-Wartezeit zum Lösen der z. T. sehr komplexen Items und Fälle gegeben werden soll. Nach Cronbach (n. d.) ist die Ausbildungssoftware mikroadaptiv, indem der Unterstützungsgrad des Lerners aufgrund seiner prozentual richtig gelösten Testitems bzw. Fälle dreistufig adaptiert werden soll, und makroadaptiv in allen anderen Bereichen. In der exemplarischen Version 9 der Ausbildungssoftware ist dies bis zur Ermittlung des aktuellen Leistungsniveaus umgesetzt. Die Steuerung der unterstützenden Pop-Up-Informationen ist dort als Button realisiert.

Insgesamt kann die Ausbildungssoftware für Lerner als tendenziell adaptiv bezeichnet werden.

Lernerunterstützung und situative passive Hilfen

Zu den nicht-situativen Hilfen bzw. Dokumentationen vgl. Abschnitt 5.4.1, zu den aktiven Hilfen vgl. Abschnitt 5.4.2.

Jeder Lerner will zumindest abschnittsweise geleitet werden (Jones, Li und Merrill, n. d., S. 496). Dennoch muss der Lerner entsprechend der Entscheidungstheorieprinzipien für die Lernersteuerung (Seel, n. d., S. 65-72) stets entscheiden, ob er die passiven Hilfeangebote der Ausbildungssoftware aufrufen möchte. Diese bzw. die Unterstützung der Lernenden ist in der Ausbildungssoftware verschiedenartig umgesetzt.

- Eingangseinschätzung: Durch eine initiale Selbsteinschätzung wird der Nutzer algorithmisch einer Nutzergruppe (Novize oder Fachperson) zugeordnet und das individuelle Anforderungsniveau festgelegt.
- weitere Nachschlagewerke: Andere Richtlinien (z.B. Ril 915 oder Ril 482) sind nur betriebsintern verfügbar oder stehen nicht im Zentrum der Ausbildung (z.B. Richtlinie 420). Weitere rechtliche Grundlagen (z.B. die EBO) sind im Internet als PDF in aktueller Version downloadbar. Diese sind nicht in der Ausbildungssoftware integriert, um die Anzahl der Nachschlagewerke gering zu halten und die Übersichtlichkeit zu wahren.
- Suchfunktion: Seiteninhalte (Bruns und Gajewski, 2002, S. 75) können über eine Browser-Standardsuche ermittelt werden. In Kombination mit den Seiten *Themenüberblick* bzw. *Ausbildungskurs* oder den Nachschlagewerken ist eine Suche über alle Ausbildungsmodule möglich.

- Steuerungshilfen: Das Hauptmenü, die Menüsteuerung in den Lernmodulen und der Zugriff auf die Lernmodule sind übersichtlich und intuitiv bedienbar. Ferner können Daten ex- und importiert sowie gedruckt werden.
- Expertentipps: In den Lernmodulen sollen Expertentipps in Abhängigkeit von dem erreichten Leistungsniveau erscheinen. Das erreichte Leistungsniveau wird durch gelöste Testitems bzw. Fälle beeinflusst. Aufgrund der Exemplarität sind die Expertentipps nur als anzuklickende Pop-Up-Buttons umgesetzt. Eine Dynamisierung entsprechend der obigen Beschreibung ist z. B. mit dem Algorithmus von DiPaolo et al. (n. d., S. 173) leicht umsetzbar.
- Hinweise nach Übungen, Tests und Fallbearbeitungen: In der Ausbildungssoftware geben Hinweise Informationen, wecken das Interesse des Lerners und erscheinen als Reaktionen auf fehlerhaften Response (DiPaolo et al., n. d., S. 161). Das Feedback zu gelösten Items bzw. Fällen wird nach der Bearbeitung eines Itemsatzes gegeben (Merrill, n. d., S. 294).
- Feedbackstatistik: In der Feedbackstatistik werden das aktuelle Leistungsniveau, alle schlechteren Itemblockergebnisse unter einer selbstgewählten Grenze und ein Link auf entsprechende Übungen angezeigt.
- Weitere didaktische Hilfen (in Bildern, Elaborationshilfen usw.) sind in den Abschnitten 5.1.1, 5.2.1 und 5.3 beschrieben.
- IHK-Prüfungsvorbereitung: Während Übungen zur Vorbereitung auf die Zwischenprüfung nach der Grundstufe auftreten, ist ein Zugriff auf Übungen für die Abschlussprüfung erst als Fachperson bzw. nach Freischaltung möglich.

Im dritten Ausbildungsjahr sind Unterstützungen und Hilfen entsprechend des 4C/ID-Modells umgesetzt (van Merriënboer, 1997, S. 131-168, S. 195-236; van Merriënboer und Kirschner, 2007, S. 53, S. 99-208; van Merriënboer und Kester, n. d., S. 73 f.). Nach Wood, Bruner und Ross (1976) wurden Scaffoldingstufen berücksichtigt. Das Hilfesystem wird nicht erläutert (vgl. Arnold et al., 2011, S. 87).

5.4.3 Design von Items

Die Items sind klassisch im Sinne der Modelle DO-ID und 4C/ID gebildet. Die Beurteilung und die Bewertung des Response ist analog zu Cantaluppi (2007, S. 25) konzipiert. Für die Bearbeitung wird zur Förderung der Responsequalität kein Zeitlimit gesetzt (vgl. Bruns und Gajewski, 2002, S. 47). Bei schlechten Resultaten wird kein Rücksprung erzwungen (vgl. Aldrich,

2005, S. 304 f.). Bei erneuter Bearbeitung derselben Lernmodulübungen, -tests oder -fälle zeigen sich die identisch gleichen Items in den exemplarischen Versionen der Ausbildungssoftware (vgl. Alessi und Trollip, 1991, S. 97-104, S. 205 f., S. 211). Mit der Anzahl richtig gelöster Items steigt auch das individuelle Leistungsniveau an, wodurch die Unterstützung in den Lernmodulen abnimmt. Die Items eines Lernmoduls bauen nicht direkt aufeinander auf (vgl. Ledford und Sleeman, 2000, S. 61). Zur Vorbereitung auf die IHK-Prüfungen sind drei Modulblöcke konzipiert. Nachfolgend werden die Konzeption der Items bzw. Fälle dargelegt und danach wichtige Prämissen zur Leistungsbeurteilung und zur Leistungsbewertung erläutert.

Konzeption der Items nach dem DO-ID-Modell

Die dynamische Entwicklung von Items zur Laufzeit (Alessi und Trollip, 1991, S. 206) ist aufgrund der Komplexität der Inhalte aktuell nicht umsetzbar. Aus den Basisitems (vgl. Abschnitte 4.7.1 und 4.7.4) wurden für die Übungen und Tests exemplarisch einige Items abgeleitet und in wenige Lernmodule der Versionen 8.1 bis 9 eingearbeitet. Die Empfehlung von Merrill (n. d. a., S. 294 f.) zur Itemanzahl wurde berücksichtigt (Alessi und Trollip, 1991, S. 211). Die Bearbeitungszeit je Item wurde kurz gehalten (vgl. Alessi und Trollip, 2001, S. 200). Es wurden geschlossene (Single-Choice-Aufgaben mit je fünf Responsemöglichkeiten), halboffene und offene Itemformate (etwa im Verhältnis typischer IHK-Prüfungen) gebildet (vgl. Rütter, n. d.; Arnold, 2004, S. 214-218; Gabele und Zürn, 1993, S. 266; Seufert, 1996, S. 28, Schmidt und Gutschow, 1999, S. 43-51; Cantaluppi, 2007, S. 31 f.; Arnold et al., 2011, S. 254). Die Items können nach Arnold et al. (2011, S. 112 f.) einfach oder komplex sein und dienen primär der Lernkontrolle. Sie erfüllen die handlungsorientierten Gestaltungsprinzipien für Prüfungen nach Müller (2006, S. 137).

Für Elaborationen sind in den Lerncontentseiten der Grundstufe einzelne Fragen *Nachgehakt* eingestreut.

Konzeption der Items nach dem 4C/ID-Modell

Im dritten Ausbildungsjahr werden alle produkt- und prozessorientierten Problemformate verwendet (van Merriënboer, 1997, S. 178-185). Das Design der Items bzw. Fälle haben van Merriënboer und Krammer (n. d., S. 219-221) bzw. van Merriënboer (1997, S. 169-284) dargelegt. Die Forderung nach gleichem Schwierigkeitsgrad der Items innerhalb einer Aufgabenklasse bzw. einer steigenden Schwierigkeit nachfolgender Aufgabenklassen (van Merriënboer und Kester, n. d., S. 77-79) war nicht immer umsetzbar, weil sich betrieblich ähnlich erscheinende Situationen mathematisch chaotisch verhalten. In Abschnitt 5.2.2 wurde dieses Problem bereits praxisnah gelöst. Um den zukünftigen Fahrdienstleiter mit dieser Besonderheit vertraut zu machen, wird dies

im Sinne der Flexibilität van Merriënboers in den gleichen Aufgabenklassen trainiert, gleichzeitig aber von der möglichst einheitlichen Schwierigkeit der Items bzw. Fälle einer Aufgabenklasse in bestimmten Grenzen abgewichen.

Leistungsbeurteilung

Nach dem Hauptzweck (vgl. Abschnitt 5.1) entfallen Beurteilungen für kollektiv erbrachte Ergebnisse. Beurteilt werden fachliche Leistungen mit einer sachlich-berufsanforderungsorientierten Bezugsnorm, also aus der Perspektive des Ausbildungsendes (Glötzl, 2000, S. 458-462). Die stochastische Unabhängigkeit zwischen den Basisitems wurde in dem Abschnitt 4.7.4 diskutiert. Bei der Beurteilung komplexerer Items mit deklarativem und prozeduralem Inhalt kann die Umwelt-Vereinfachungs- und die Umwelt-Komplexitätsstrategie sowie deren Kombinationen lt. Wolff (1994, S. 13-25) angewandt werden.

Nicht beurteilt wird ein Response, der besonders innovativ, umweltfreundlich, qualitativ oder für den Betriebsablauf hinsichtlich besonderer Belange optimiert ist. Die Auswirkung von Fehlhandlungen auf die Betriebssicherheit, Unfälle oder Lebensgefahren kann nur indirekt über eine Gewichtung der Itembepunktung berücksichtigt werden. Eine Würdigung bzw. genauere Beurteilung dieser besonderen Lösungen ist nur durch die Ausbildungsexperten möglich.

Hilfen zu den Items sind in Abschnitt 5.4.2 beschrieben. Ein konstruktives Feedback (vgl. Abschnitt 5.4.4) kann bei den Aufgaben jeweils nach Betätigen der Pop-Up-Buttons *Alle Lösungen zeigen*, *Lösungen/Ergebnis speichern*, *Feedback* oder *Lösung* erscheinen.

Leistungsbewertung

Aufgrund des Hauptzweckes (vgl. Abschnitt 5.1) entfallen Bewertungen für einen kollektiv erbrachten Response. Zu jedem Item sind dem Nutzer die maximal erreichbaren Punkte angegeben. Abweichend von der IHK-Bewertung werden bei Auswahl-Items auch nicht gewählte Falschantworten bepunktet. Bei offenen Itemformaten werden mögliche Fehleingaben berücksichtigt (vgl. Alessi und Trollip, 1991, S.67). Mehrere Schlagwörter oder deren Fragmente sind der Vergleichsmaßstab zur Bewertung des Response. Jede erste Übereinstimmung wird gleichverteilt bepunktet. Eine Fuzzy-Logik (Meurrens, n. d., S. 113) oder eine latent semantische Analyse (vgl. DiPaolo et al., n. d., S. 172), um Rechtschreib- oder semantische Fehler abzufangen, sind nicht umgesetzt. Die für eine Lernmodulseite aufsummierten Punkte im Verhältnis zur maximalen Punktezahl ergeben die prozentuale Leistung, die im Hintergrund für diese Seite gespeichert wird. Die mittlere prozentuale Leistung aller Seiten zusammen ist in Anlehnung an den IHK-Punktschlüssel die Basis zur Ermittlung des dreistufigen Leistungsniveaus (IHK-Noten 1 und 2

\mapsto Level III, IHK-Note 3 \mapsto Level II, sonst \mapsto Level I). Aus technischen Gründen werden in der exemplarischen Version 9 auch bei erreichten 100 % der Leistung pro Seite maximal 99 % berücksichtigt. Die Leistungsbewertung findet statt, sobald der Lerner den Auswertungsbutton anklickt. Das aktuelle Leistungsniveau und die prozentualen Leistungen bearbeiteter Seiten sind in der Feedbackstatistik einzusehen. Bei erneuter Bearbeitung einer Seite wird jeweils das alte Ergebnis überschrieben und im Leistungsniveau neu berücksichtigt. Um ein ungewünschtes Hin- und Herschalten zwischen Item- und Lerncontentseiten in der Lösungsphase zu erschweren, werden alle bereits eingegebenen Responses durch einen Seitenwechsel ohne Klick auf den Auswertungsbutton gelöscht.

Die Leistung auf Übungsseiten in der Grundstufe wird zwar analog ermittelt, dem Nutzer aber ohne Auswirkungen in der Ausbildungssoftware angezeigt.

5.4.4 Feedback

Auf Grundlage des TOTE-Modells (Miller, Galanter und Pribram, 1960, S. 26 ff.), verschiedener Kommunikationsmodelle (vgl. Abschnitt 5.4.1) und der Ansätze der künstlichen Intelligenz wird dem Lerner nach dem Lösen der Items (vgl. Metaanalyse in Thonhauser, 2008, S. 101 f., S. 105) durch das Anklicken des Auswertungsbuttons v. a. im Fall falscher Responses ein informatives, externes Feedback (Narciss, 2006) hauptsächlich zur Richtigkeit der Lösung (Thonhauser, 2008, S. 102) und zur Performance (prozentuale Leistung und Leistungsniveau) mit motivierendem Unterton in sachlicher Form und mit kriteriumsorientierter Bezugsnorm (Niegemann et al., 2008, S. 328, S. 331 f.) gegeben. Ein einfaches Falsch-Richtig-Feedback wird nicht gegeben (McKendree, 1990; Niegemann et al., 2008, S. 333). Tipps zur Fehlervermeidung werden nicht im Rahmen des Feedbacks für die Items gegeben, sondern entsprechend des Ansatzes für das 4C/ID-Modell während der Bearbeitung der Lerninhalte (vgl. van Merriënboer, 1997). Damit das didaktische Gesamtkonzept konsistent bleibt, ist dies auch für die Grundstufe bzw. das DO-ID-Modell umgesetzt worden. Eine Fehlerdiagnostik (Niegemann et al., 2008, S. 333) mit einer komplexen Reaktion entsprechend der Lerncharakteristik, Teilfehlerlösungen (vgl. Urretavizcaya und Verdejo, n. d., S. 433 f.) oder eine Fehlerdatenbank (vgl. van Merriënboer und Krammer, n. d., S. 221 f.) sind nicht umgesetzt. Standardlösungen werden im dritten Ausbildungsjahr nicht als Feedback gegeben, denn fast alle Lernmodule beginnen mit einem ausgearbeiteten Beispiel. In der Grundstufe erfolgt auch kein Feedback mit einer Standardlösung, weil die Items passgenau auf die Lerninhalte abgestimmt sind und der Lerner durch ein Zurückblättern entsprechenden Response finden bzw. Fehler analysieren kann.

Bei offenen Items werden zu allen falschen oder fehlenden Übereinstimmungen mit den Schlagwörtern bzw. Fragmenten (vgl. vorangehender Ab-

schnitt zur Leistungsbewertung) Feedbacktexte additiv ausgegeben, wobei der gesamte Feedbacktext kurz gehalten wurde, um die kognitive Belastung gering zu halten (vgl. Thonhauser, 2008, S. 107).

5.5 Motivationsdesign

Durch das erweiterte kognitive Modell von Heckhausen und Rheinberg (1980), das integrierte Modell der Motivationsvariablen von Clark, Howard und Early (n. d., S. 30) und das CIM-Modell (Duchastel, n. d., S. 302 f.) besteht eine theoretische Basis für das Motivationsdesign. Die unklaren Begriffe der impliziten und expliziten Motivation werden wie in der Betrachtung von Niegemann et al. (2008, S. 366 f.) tätigkeits- und zweckorientiert betrachtet.

Nach dem ARCS-Modell von Keller (Keller, n. d. b, S. 385; Keller, n. d. a, S. 171 f.) stellen sich die Empfehlungen von Keller und Kopp (n. d.), Keller und Suzuki (n. d.) und Niegemann (1995, 2001) in der Ausbildungssoftware wie folgt dar (vgl. auch Niegemann et al., 2008, S. 371-380).

Aufmerksamkeit Sie wird geweckt z. B. durch abwechslungsreiche Darbietung, verständlichen Text, unterlassene Ablenkung, Neugier erwecken der Darstellungen oder Tipps und möglichst kurze Lernmodule.

Relevanz Diese wird dargelegt, indem auf IHK-Prüfungen hin gelernt wird, die Fachinhalte curricular fundiert und praxisorientiert sind, der Nutzen der Lehrziele aufgezeigt wird, Leistungs- und Anschlussmotive angesprochen werden (selten), die Itemschwierigkeit über maximale Punkte angegeben ist, der IHK-Bewertungsschlüssel den Lernern bekannt ist, vertraute Berufssituationen dargestellt werden, die Items unterschiedliches Anspruchsniveau haben, Lerner als Person angesprochen werden und Beispiele genannt sind.

Erfolgsszuversicht Sie wird den Lernenden gegeben, indem die Lehrziele zum Anfang jedes Lernmoduls genannt sind, der IHK-Bewertungsschlüssel bekannt ist, benötigtes Vorwissen aktiviert oder ergänzt wird, die Dauer für einen Response durch die erreichbare Punktezahl abschätzbar ist, die Items unterschiedliche Schwierigkeit haben, die Itemschwierigkeit steigt, Feedback gegeben wird und asynchron Unterstützung von Ausbildungsexperten eingeholt werden kann (Bruns und Gajewski, 2002, S. 38; Karoulis und Pombortsis, n. d., S. 88-106).

Zufriedenheit Jene wird gefördert durch Erfolgserlebnisse bzw. bewältigte Items, die Tätigkeitsanreize, den Berufspraxisbezug, extrinsische Anreize (z. B. drei Anspruchsniveaus), das Feedback, das Unterlassen übertriebenen Lobes, die gleiche und gerechte Behandlung aller Lerner, die transparente Bewertung und die passgenauen Übungen zu den Lerninhalten.

Die Frustration ist durch die einfache Struktur, die pädagogisch-didaktischen Regeln und die ausgewogene Menüstruktur vermindert worden (vgl. Abschnitt 5.5; Karoulis und Pombortsis, n. d., S. 88-106). Ein besonderes Ergebnis zu dem Thema Motivation fanden Knöll et al. (2007, S. 412 f.): Im Unterschied zur kaufmännischen Erstausbildung sind bei gewerblich-technischen Berufen nicht „basic needs“ starke Prädiktoren für die Motivationsausprägung, sondern die inhaltliche Relevanz, die Instruktionsklarheit und auch eine mögliche Überforderung.

5.6 Technisches Konzept

Alle Versionen der Ausbildungssoftware sind als HTML 5.0-Anwendung für Browser unter weitgehender Berücksichtigung der Lerntechnologiestandards (vgl. Niegemann et al., 2008, S. 415 f.) entwickelt. Im Unterschied zu compilierten Softwareprogrammen läuft die Ausbildungssoftware zwar betriebssystemunabhängig, dafür existiert allerdings aufgrund proprietärer Lösungen verschiedener Hersteller eine Browservielfalt, die bereits den HTML-Code unterschiedlich interpretiert. Dieses wurde in der Ausbildungssoftware gelöst, indem nur HTML 5.0-Code verwendet wird, der von allen Interpretern wie beabsichtigt umsetzbar ist. Sobald Inhalte wie in der Version 9 dynamisiert werden sollen, ist diese Strategie nicht mehr umsetzbar, weil für viele Quellcode-Anweisungen keine gemeinsame Schnittmenge existiert. Üblicherweise werden dann entweder Crossbrowser-Strategien eingesetzt, was die parallele Entwicklung mehrerer Ausbildungssoftware-Varianten für jede Version bedeutet, oder diese Problematik vom Client auf den Server verlagert.

Indem die Ausbildungssoftware nur exemplarischen Charakter hat, wurde zunächst die clientseitige Variante umgesetzt, um sie von jedem ohne Internetanbindung bzw. ohne Einrichtung eines Servers auf dem eigenen Rechner laufen lassen zu können. Die zukünftig in der Praxis umzusetzende, bessere Variante sollte hingegen eine Standard-Serverlösung abbilden. Hierzu sollte ein Server (z. B. Apache), sobald eine Webseite der Ausbildungssoftware von einem Client (bzw. Lerner) über das Internet angefordert wird, variable Inhalte per CGI-Skript (z. B. Perl oder PHP) aus einer Datenbank (z. B. MySQL) abfragen und in die angeforderte Webseite einfügen, bevor die komplette Seite an den Client gesendet wird. Hierdurch wird nicht nur die vollständige Unabhängigkeit von den Browsern erreicht, sondern auch das Problem der sehr begrenzten Speicherkapazität über Cookies bzw. der fehlenden Einzelaufgabenabspeicherung in der Version 9 behoben.

Um die Ausbildungssoftware in den vorliegenden Versionen ohne Einschränkung bzw. ohne unerwartete Änderungen laufen lassen zu können, sind daher die technischen Voraussetzungen in der Tabelle 5.8 zu beachten. Kurzfristig kann die Schriftart zur besseren Lesbarkeit auch auf *Sehr groß*

umgestellt werden. Der E-Mail-Kontakt zu Ausbildungsexperten ist nur mit einer Internetanbindung und bestehenden E-Mailkonten möglich.

Tabelle 5.8: Technische Voraussetzungen der Ausbildungssoftware:
Für die drei Versionen 7 (V 7), 8. 1 bis 8.3 (V 8) und 9 (V 9) sind die technischen Voraussetzungen dargestellt.

<i>Voraussetzung</i>	<i>V 7</i>	<i>V 8</i>	<i>V 9</i>
Standardschriftart Times New Roman	X	X	X
Bildschirmauflösung 1280 x 800 Pixel	X	X	X
Maximierte Fenstergröße des Browsers	X	X	X
Schriftgröße <i>Mittel</i>	X	X	X
Internet Explorer ab Version 10	X	X	X
Standardfarbschema	X	X	X
Javascript, Version 1.2	–	–	X
Cookies zulassen	–	–	X
Audiosystem und MP3-Player	–	–	X

Aufgrund der Exemplarität der Ausbildungssoftware sind Grafik- und Tonoptionen, der Ex- und Import sowie das Drucken der Leistungsdaten bzw. des aktuellen Standes und Inhalte für IHK-Lernmodule nicht umgesetzt worden.

Zur besseren Darstellung unterschiedlicher Schwerpunkte sind verschiedene Versionen der Ausbildungssoftware (vgl. Anhänge F und G) implementiert. Version 7 zeigt die kompletten textuellen Fachinhalte (Abschnitt 5.6.1), die Versionen 8.1 bis 8.3 zeigen verschiedene Grafikdesigns (Abschnitt 5.6.2) und Version 9 gibt Einblicke in die implementierte Dynamisierung und das Multimediadesign (Abschnitt 5.6.3). Die Ausbildungssoftware wird jeweils über die Datei *index.htm* gestartet.

5.6.1 Version 7: Textuelle Fachinhalte

In dieser Version sind alle textuellen Fachinhalte dargestellt. Auf alle Lernmodule kann hierfür wahlfrei zugegriffen werden. Für Bilder und Animationen sind Platzhalter und fachliche Kurzbeschreibungen umgesetzt. Audioinhalte erscheinen als Fließtexte. Items sind nicht umgesetzt.

5.6.2 Versionen 8.1 bis 8.3: Usability

Diese Versionen sind analog zur Version 7 umgesetzt, jedoch ist der Zugriff auf die Lernmodule *Einsehen von Unterlagen* und *außergewöhnliche Sendung* reduziert und Bilder eingefügt. Übungs- und Testitems sind ohne Dynamisierung integriert. Die drei Versionen 8.1 bis 8.3 bilden unterschiedliche Farbschemata (vgl. Abschnitt 6.2.3 bzw. Anhang F) ab.

5.6.3 Version 9: Multimedia und Dynamisierung

Version 9 zeigt die dynamisierte und multimediale Seite der Ausbildungssoftware. Der Zugriff ist auf das Lernmodul *Fahrweg-, Räumungs- und Abschnittsprüfung* begrenzt. Die Dynamisierung zeigt sich insbesondere in der initialen Eingangsabfrage, der Sperrung der Hauptmenüpunkte *Ausbildungskurs* und *Vorbereitung Abschlussprüfung*, der Funktionsfähigkeit mancher Optionen, der Pop-Up-Buttons, dem stets sichtbaren Lernmodul-Steuermenü (vgl. Bruns und Gajewski, 2002, S. 79), der Funktionsfähigkeit von Übungs- und Testseite sowie der aktiven Feedbackstatistik (bei fixem Datum). Das Multimediadesign ist v. a. durch die integrierten Sprechtexte und Bilder erkennbar.

Die Leistungsdaten werden als Cookie auf dem eigenen Rechner (Laufwerk C) gespeichert. Aufgrund des begrenzten Speicherplatzes kann nur die prozentuale Leistung pro bearbeiteter Seite gespeichert werden. Alte Leistungsdaten werden durch eine Neubearbeitung überschrieben.

Kapitel 6

Usability-Untersuchung

In Abschnitt 6.1 werden theoretische Erkenntnisse für die Usability-Untersuchung der Ausbildungssoftware dargelegt, während ihr Design und ihre Durchführung in Abschnitt 6.2 beschrieben sind. Die Ergebnisse der Usability-Untersuchung sind getrennt dargestellt. Die Teilergebnisse aus dem Abschnitt 6.3 werden in dem Abschnitt 6.4 als Gesamtergebnis zusammengefasst.

6.1 Theoretische Erkenntnisse

Bedeutende theoretische Erkenntnisse zur Evaluation in dieser Arbeit befinden sich in Abschnitt 6.1.1, analoge Erkenntnisse zur Usability in Abschnitt 6.1.2.

6.1.1 Evaluation

Eine Evaluationen im Sinne von Suchman (1967) hinsichtlich der Ausbildungssoftware kann nach Rowntree (1992) und Stockmann (2004) mehrere Funktionen haben (strategisch-politisch, zur Kontrolle bzw. Entscheidungsfindung oder zum Erkenntnisgewinn), auf verschiedenen Ebenen durchgeführt werden bzw. deren Datenerhebung in unterschiedlichen Phasen erfolgen (vgl. Niegemann et al., 2008, S. 396-398; Arnold et al., 2011, S. 308-311; Glowalla et al., n. d., S. 315 f.; Seufert, Back und Häusler, 2001, S. 65 f.). Ferner kann eine Evaluation nach dem Untersuchungsgegenstand (z. B. CIPP-Modell von Stufflebeam, n. d.) und nach den Bewertern (Scriven, 1991; Glowalla et al., n. d., S. 323-325) unterschieden werden. Neben dem CIPP-Model der Evaluation geben z. B. Niegemann et al. (2008, S. 401 f.) einen Überblick über ausgewählte Evaluationsmodelle und nennen Beispiele für Evaluationskriterien. Einige Evaluationsmethoden (z. B. Befragung, Beobachtung, Aufzeichnung oder Test) und -instrumente (Checklisten, Kriterienkataloge usw.) werden z. B. von Niegemann et al. (2008, S. 403-410) und

Glowalla et al. (n. d., S. 319-323) genannt. Glowalla et al. (n. d., S. 313 f.) postulieren die wichtigsten Dimensionen auf der Ebene der Lernmaterialentwicklung und des Lernmitteldesigns: Akzeptanz, Lernleistung, Lernzeit, Lernverhalten, Lernwirksamkeit, Usability und Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Nach der DeGEval (2008)¹ müssen Evaluationen nützlich, durchführbar, fair und genau sein. Zudem sollten sie die psychometrischen Gütekriterien erfüllen (vgl. Arnold et al., 2011, S. 320-322). Die Normen wurden bereits in Abschnitt 5.4.1 genannt.

6.1.2 Usability

Die theoretischen Erkenntnisse und Empfehlungen zur Usability werden hinfereinander allgemein und hinsichtlich experten- und benutzerzentrierter Ansätze behandelt.

Allgemeine Erkenntnisse

In Anbindung an Abschnitt 6.1.1 zählt eine Usability-Untersuchung u. a. neben der Akzeptanz zu den wichtigsten Dimensionen auf der Ebene der Lernmaterialentwicklung und des Lernmitteldesigns (Glowalla et al., n. d., S. 313 f.). Usability-Untersuchungen zielen zumeist auf einen Erkenntnisgewinn (Rowntree, 1992) auf der Kursebene in der Entwicklungs-, Durchführungs- und Ergebnisphase (Arnold et al., 2011, S. 308-311) und werden sowohl formativ als auch tendenziell summativ (Wottawa, 2003, S. 64; Glowalla et al., n. d., S. 313) evaluiert. Untersuchungsgegenstand ist die Lernsoftware als Produkt (Stufflebeam, n. d.) für die praktische Anwendung (Niegemann et al., 2008, S. 399). Im Rahmen des Evaluationsmodells von Reigeluth (n. d., S. 9) sollen auch mit dieser Usability-Untersuchung Schwächen aufgedeckt und Verbesserungsempfehlungen formuliert und umgesetzt werden. Dabei sind das Layout, die Navigierbarkeit und programmiertechnische Aspekte, z. B. durch Befragungen, Beobachtungen oder Tests zu hinterfragen (vgl. Niegemann et al., 2008, S. 403-407; Glowalla et al., n. d., S. 319-323).

Hauptaspekte der Usability für ein Lernmedium sind nach Nielsen (1996) die Erlernbarkeit (learnability), die Erinnerbarkeit (memorability), die Fehlerrate (error), die Zufriedenheit (subjective satisfaction) und die Effizienz (efficiency of use), die auch ähnlich in der Usabilitynorm DIN-EN-ISO-Norm 9241-110 DIN 9241-110 (Heim, 2006) vorkommen. Während sich die Usability auf das Lernmedium insgesamt bezieht, liegt der Fokus für die Learnability nur auf dem Lerninhalt (Duchastel, n. d., S. 299; Karoulis und Pombortsis, n. d., S. 90-93). Karoulis und Pombortsis (n. d., S. 100-102) unterbreiten eine Liste von Unterkategorien zur Verwendung als Heuristiken für eine Learnability-Untersuchung (content, adaptation and integration, user interface, use of technologies, interactivity with the instructional material,

¹DeGEval: Deutsche Gesellschaft für Evaluation

student's support, communication channel, acquisition of knowledge, projects and learning by doing, assessment and self-assessment). Im Abschnitt 5.4.1 wurde bereits eine analoge Liste von Heuristiken für die Usability angegeben. Neben diesen gibt es eine Vielfalt sehr spezialisierter Heuristiken (vgl. z. B. Watanabe, de Mattos Fortes und da Graça Campos Pimentel, n. d., S. 356-367; Orehovacki, n. d., S. 382-385; Wong, Marcus und Sweller, n. d., S. 552-555).

Eine Usability-Untersuchung kann vergleichend, bewertend oder analysierend (Rubin, 2008; Holz auf der Heide, n. d.) und für horizontale oder vertikale Software durchgeführt werden (Niegemann, 1993).

Die Usability einer Lernsoftware kann entweder mit einem experten- oder einem lernerzentrierten Ansatz untersucht werden (vgl. Niegemann et al., 2008, S. 427 f.). Sobald ein Usabilityproblem gefunden ist, kann dieses nach der fünfstufigen Priorität von Nielsen (1993b) eingestuft werden (vgl. auch Baumgartner, Häfele und Maier-Häfele, n. d.):

1. Dies ist kein Usabilityproblem.
2. Dies ist nur ein kosmetisches Problem, das nicht behoben werden muss, solange keine zusätzliche Zeit zur Verfügung steht.
3. Dies ist ein kleines Usability-Problem. – Dessen Behebung erhält geringe Priorität.
4. Dies ist ein großes Usability-Problem. – Dessen Behebung erhält große Priorität.
5. Dies ist eine Usability-Katastrophe. – Das Problem muss unbedingt schnellstmöglich behoben werden.

Die unterschiedlichen Ansätze sind bereits häufig mit Vor- und Nachteilen aufgeführt worden (z. B. Lewis, 1982; Nielsen, 1993b; Lewis und Wharton, n. d.; Karoulis und Pombortsis, n. d., S. 96 f.; Woolrych und Hindmarch, n. d.; Niegemann et al., 2008, S. 403-407, S. 430-444; Arnold et al., 2011, S. 313-317; Glowalla et al., n. d., S. 319-323; Kerkau, n. d., S. 334-336 f.; Realinho, Dias und Romão, n. d., S. 521-531; Thoma und White, n. d., S. 544 ff.). Wichtige Kernaussagen daraus sind die in diesem Abschnitt folgenden.

Expertenzentrierte Ansätze

Der Begriff *Experte* ist zu unklar (Kerkau, n. d., S. 333), deswegen variiert die Zahl der gefundenen Fehler stark (Niegemann et al., 2008, S. 431). Niegemann et al. (2008, S. 431) akzeptieren Domänenexperten, Softwareentwickler oder sehr erfahrene Nutzer. Da hier eine Lernsoftware im Fokus steht, sind auch Ausbildungsexperten als Domänenexperten akzeptierbar. Schenkel (n. d., S. 65) hat fünf Beispiele expertenzentrierter Methoden aufgelistet, darunter auch die heuristische Evaluation und den Cognitive Walkthrough.

Heuristische Evaluation Vor der Anwendung müssen die Ausbildungsexperten die Heuristiken gut kennen. Die Inspektionsmethode wird anhand von Heuristiken in möglichst drei Durchgängen (1. Contentebene und Ablaufdynamik, 2. Steuerelemente, 3. Priorität) durchgeführt. Die Klassifizierung soll mit mindestens drei Ausbildungsexperten erfolgen. Die Methode ist auch in der Gruppe umsetzbar, wodurch zwar mehr Usability-Probleme gefunden werden können, aber die Unabhängigkeit der individuellen Einschätzungen vermindert ist. Bereits mit drei bis fünf Ausbildungsexperten oder Novizen werden schwerwiegende Fehler und wesentliche Probleme gut erkannt. Optimal wird die Methode in der mittleren Entwicklungsphase eingesetzt.

Cognitive Walkthrough Nach einer Aufgabenanalyse werden Lösungswege repräsentativer Items hinterfragt. Eine Klassifizierung der Usability-Probleme, von denen weniger als bei der heuristischen Evaluation gefunden werden, kann erfolgen. Die Vorbereitungen dieser Inspektionsmethode sind problematisch und zeitaufwändig. Oft wird diese Methode in der frühen Entwicklungsphase verwendet.

Lernerzentrierte Ansätze

Einige häufigere, lernerzentrierte methodische Ansätze sind die folgenden.

Fragebogen und Checklisten Diese Inspektionsmethode tritt auch als expertenzentrierter Ansatz auf. Sie kann standardisiert v.a. in der Durchführungs- oder Ergebnisphase verwendet werden. Es existiert ein breites Spektrum unterschiedlicher Fragebogen und Checklisten. Einige davon haben einen großen Umfang (z.B. PUTQ: 100 summative Fragen) oder beziehen sich auf einzelne Webseiten. Die Fragebogen ISO-NORM 9241/10 (siebenstufige Skala, 35 Hauptfragen in sieben Gruppen: Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit; vgl. Prümper, 1993; Anhang G) und WAM-MI (fünfstufige Skala, 20 Hauptfragen in fünf Gruppen: Attraktivität, Kontrolle, Effizienz, Hilfsfähigkeit und Learnability; Kirakowski, 2013; Anhang G) eignen sich für die summative Usability-Untersuchung von Web-Software (mindestens zehn Lerner). Die psychometrische Güte der beiden Fragebogen ist akzeptabel (Kirakowski, 2013; Prümper, n. d.; Niegemann et al., 2008, S. 443 f.), deren Fragen aber zu unspezifisch.

Beobachtungen Sie können zielgerichtet, standardisiert, nachprüfbar, teilnehmend, verdeckt oder offen sowie als Selbst- oder interne bzw. externe Fremdbeobachtung durchgeführt werden und liefern sehr flexible Ergebnisse. Technisch unterstützte Methoden wie z.B. Eye-Tracking oder Logfile-Recording sind sehr aufwändig.

Lautes Denken Diese Methode kann auch beim expertenzentrierten Ansatz auftreten. Parallel zur Verwendung der Lernsoftware äußern die Lerner offen, was sie gerade denken (Operationsklassen: manipulativ, visuell oder kognitiv). Dies kann zur objektiven Situationszuordnung aufgezeichnet werden (schriftlich nach Beobachtung oder technisch). Beeinflusst werden die Ergebnisse v. a. durch die Aufzeichnung, die Unbewusstheit eigener Handlungen oder Gedanken und die gleichzeitige Bewältigung beider Aufgaben. Es wird empfohlen, das Laute Denken vor der Usability-Untersuchung mit den Lernern zu üben. Wenn die Lerner in Partnerarbeit die Usability-Untersuchung durchführen (Teach-Back-Methode), wird die Methode effektiver.

Befragung, Test Sie erfolgt schriftlich (anonymer) oder mündlich und wird am häufigsten bei Lernern angewandt, tritt aber ggf. auch beim expertenzentrierten Ansatz auf. Befragungen werden oft mit Fragebogen oder Checklisten kombiniert. Tests können norm- und kriterienorientiert sein.

Holzinger (2005) hat relevante Unterschiede zwischen einzelnen Methoden experten- und lernerzentrierter Ansätze gegenübergestellt. Tabelle 6.1 (vgl. Holzinger, 2005; leicht abgewandelt von Kerkau, n. d., S. 334) zeigt einen Auszug. Da bei den expertenzentrierten Ansätzen die Gefahr besteht, dass

Tabelle 6.1: Vergleich von vier Usability-Untersuchungsmethoden (vgl. Holzinger, 2005; leicht abgewandelt von Kerkau, n. d., S. 334): Die vier Methoden zur Usability-Untersuchung heuristische Evaluation (HE), Lautes Denken (LD), Beobachtung (Beob.) und Befragung (Befr.) werden bezüglich einiger Eigenschaften verglichen.

<i>Eigenschaft</i>	<i>HE</i>	<i>LD</i>	<i>Beob.</i>	<i>Befr.</i>
Zeitaufwand	gering	hoch	mittel	gering
Evaluatoren	3+	1	1+	1
technischer Aufwand	gering	hoch	mittel	gering
Expertiselevel	mittel	mittel	hoch	gering
Intrusion	Nein	Ja	Ja	Nein

das Lernerverhalten nicht ausreichend verstanden wird (Schneidermann und Plaisant, 2005), wird ein zusätzlicher benutzerzentrierter Ansatz notwendig. Durch diese Kombination ergeben sich effektive Methoden (z. B. lernerzentrierter standardisierter Fragebogen und expertenzentrierte heuristische Evaluation; Niegemann et al., 2008, S. 431, S. 433, S. 436).

6.2 Untersuchungsdesign und Durchführung

In Anbindung des Theorieteils 6.1.2 wird in Abschnitt 6.2.1 das Design der Usability-Untersuchung für die Ausbildungssoftware im Überblick aufgezeigt.

In den folgenden Abschnitten 6.2.2 bis 6.2.5 wird das Design jeder Teiluntersuchung detailliert dargelegt. Nachdem im Abschnitt 6.2.6 der chronologische Ablauf der Usability-Untersuchung und deren psychometrische Güte angegeben werden, beschreibt der Abschnitt 6.2.7 die Durchführung der Usability-Untersuchung.

6.2.1 Überblick über das Untersuchungsdesign

Indem die Ausbildungssoftware in einer Usability-Untersuchung zum Untersuchungsgegenstand wird, sind alle in Abschnitt 6.1.2 genannten Punkte auch für die Ausbildungssoftware gültig. Die Usability-Untersuchung zielt auf einen Erkenntnisgewinn in der Kursebene zur Lernmaterialentwicklung und dessen Design. Die Normen und Standards des Abschnitts 6.1 sind weitgehend berücksichtigt worden. Zum Lauten Denken wird eine Voruntersuchung außerhalb der Usability-Untersuchung durchgeführt.

Die Usability-Untersuchung ist darauf ausgerichtet, die Ausbildungssoftware für die praktische Anwendung zu verbessern, Schwächen aufzudecken und Verbesserungen umzusetzen (vgl. auch Kapitel 1). Hierdurch ist die Usability-Untersuchung nützlich. Die Beschreibung des Untersuchungsdesigns zeigt die Durchführbarkeit, die Fairness, die Genauigkeit und die Verlässlichkeit. Der Quellcode der Ausbildungssoftware ist leicht veränderbar.

Grundsätzlich soll wie z. B. bei Orehovacki (n. d.) eine expertenzentrierte heuristische Evaluation und eine lernerzentrierte Produktgesamtuntersuchung angewandt werden. Im Unterschied zu dessen Usability-Untersuchung sollen hier die Heuristiken von Nielsen Anwendung finden. Eine Voruntersuchung wie bei Comai und Mazza (n. d., S. 649) entfällt hier aufgrund der Ergebnisse des ersten Expertentreffens (vgl. Abschnitt 3.3.2). Wegen der geringen Lernerzahl und der bereitwillig teilnehmenden Ausbildungsexperten entfällt eine Stichprobenauswahl. Folgende zielgerichtete Teiluntersuchungen werden durchgeführt:

- eine expertenzentrierte heuristische Evaluation in der Entwicklungsphase zum Erkenntnisgewinn,
- eine lernerzentrierte Voruntersuchung zum Lauten Denken,
- eine lernerzentrierte Vergleichsuntersuchung in der Durchführungs- und Ergebnisphase zur Entscheidungsfindung bezüglich des Layouts und
- eine lernerzentrierte Produktgesamtuntersuchung in der Durchführungs- und Ergebnisphase zum Erkenntnisgewinn.

Nach dem Abschluss aller Teiluntersuchungen und umgesetzten Änderungen kontrollieren zwei Personen unabhängig voneinander alle Fachinhalte der Ausbildungssoftware erneut auf Rechtschreibung und Grammatik. Die

Auswertung erfolgt in allen Teiluntersuchungen durch die deskriptive Statistik. Parallel dazu werden die erkannten Usability-Probleme auf Sinnhaftigkeit und Umsetzbarkeit geprüft und ggf. in den Ausbildungssoftwareversionen 7 bis 9 geändert. Durch eine umfassende Dokumentation der Usability-Untersuchung sind alle Ergebnisse nachprüfbar und verfügbar. Zu den verwendeten Vordrucken vgl. Anhang G.

6.2.2 Expertenorientiertes heuristisches Evaluationsdesign

Diese analysierend-bewertende Untersuchung der Ausbildungssoftware ist formativ und wird als Selbst- und externe Fremdbewertung durchgeführt. Der Gegenstand der Untersuchung ist die vertikale Ausbildungssoftware mit weitgehend allen Fachinhalten der Lernmodule. Im Vergleich zur Version 7 (vgl. Abschnitt 5.6.1 bzw. Anhang G) sind z. B. das Hilfesystem und einzelne Lernmodule im dritten Ausbildungsjahr nicht implementiert. In diesem Stadium der Ausbildungssoftware ist die Einschätzung bestimmter Usability-Probleme nicht möglich bzw. aufgrund noch fehlender Dynamisierung nur strukturell abschätzbar oder kein Schwerpunkt der Ausbildungssoftware. Insgesamt werden sechs externe Ausbildungsexperten in diesen Untersuchungsteil integriert. Diese besitzen zusätzlich zu ihrem Status als Ausbildungsexperten folgende Spezialkenntnisse.

Experte B Berufspraxis (Domäne), Usability-Kenntnisse

Expertin K Grafikdesignerin

Experte R Fachbuchautor (Domäne)

Experte H Berufspraxis (Domäne)

Experte V1 Mitglied der Lehrplanentwicklungskommission

Experte V2 –

Experte U –

In dieser Teiluntersuchung wird einerseits die Usability für einzelne Lernmoduleseiten in der Ausbildungssoftware, andererseits die globale Learnability aller Lernmoduleseiten untersucht. Im Gesamttablauf werden den Ausbildungsexperten zuerst die Ziele, der Ablauf und die Heuristiken mit der fünfstufigen Priorität von Nielsen erläutert (vgl. Datei 130403_1_Handout_Experten.pdf, Anhang D) sowie Fragen geklärt. Dann erfolgt eine Auswahl von Lernmodulen mit fachlich anspruchsvollen Fachinhalten. Jede Lernmoduleseite wird in drei Durchläufen von jedem Ausbildungsexperten auf Usability, fachliche Richtigkeit, Rechtschreibung und Grammatik untersucht, während der Untersuchungsleiter die Aufzeichnungen zur Klassifizierung und

zu Bemerkungen (vgl. Datei 130403_2_Usability_Experte_Vordruck_Auszug.pdf, Anhang G) führt. Nun folgt die Untersuchung der Usability einzelner Lernmoduleseiten. Gegen Ende der Teiluntersuchung wird noch eine Untersuchung der globalen Learnability durchgeführt, indem der Ausbildungsexperte einen standardisierten Fragebogen im Rahmen einer schriftlichen Befragung ausfüllt. Da als Zeitbedarf etwa je ein Tag notwendig ist, wird diese Teiluntersuchung von jedem Ausbildungsexperten einzeln durchgeführt, und zwar bei jedem Ausbildungsexperten vor Ort (Duisburg, München und Nürnberg). Nach Abschluss dieser Teiluntersuchung erhalten die Ausbildungsexperten ein mündliches Feedback zu den eingearbeiteten Verbesserungsvorschlägen. Vorbehaltlich dieser Arbeit wurde kein gesonderter Bericht erstellt.

Untersuchung der Usability einzelner Lernmoduleseiten

Es werden die Heuristiken von Nielsen (vgl. Abschnitt 5.4.1) zusammen mit der fünfstufigen Skala von Nielsen zur Klassifikation der Usability-Probleme verwendet (vgl. Abschnitt 6.1.2). Da bis zu der Ausbildungssoftware-Version 9 keine Dynamisierung umgesetzt ist, kann die 10. heuristische Regel nicht angewandt werden. Die Ausbildungsexperten überprüfen zusätzlich zur Usability auch die Richtigkeit der Fachinhalte, sowie die Rechtschreibung und die Grammatik.

Untersuchung der globalen Learnability

Die Heuristiken für die Learnability-Untersuchung (vgl. Abschnitt 6.1.2) werden zusammen mit der fünfstufigen Skala von Nielsen zur Klassifikation der Usability-Probleme verwendet (vgl. Abschnitt 6.1.2), wobei die Heuristiken, die nicht umgesetzte Teile der Ausbildungssoftware betreffen, nicht weiter berücksichtigt werden (*reduzierte Heuristiken*). Indem die curriculare Anbindung bereits von dem zweiten Expertentreffen (Abschnitt 4.7.3) bestätigt wurde, entfällt auch diese Heuristik. Die verbliebenen anzuwendenden Heuristiken, die für die Ausbildungsexperten leicht abgewandelt worden sind, wurden als standardisierter Fragebogen vorbereitet (vgl. Datei 130403_3_FeedbackZweiteStufe_Kriterien-Small.pdf, vgl. Anhang D).

6.2.3 Lernerzentriertes Voruntersuchungsdesign

Die lernerzentrierte Voruntersuchung wird in einer kompletten EiB/F-Klasse (2. Ausbildungsjahr) mit insgesamt 15 Auszubildenden (acht Männer und sieben Frauen, Alter: zwischen 18 und 25 Jahre) mit Erlaubnis der Schulleitung in einem Computerraum der Beruflichen Schule Direktorat 2 in Nürnberg durchgeführt. Die allgemeinen Lernvoraussetzungen sind in Abschnitt 3.3.2 zusammengefasst. Zum Beginn der Voruntersuchung und zum Beginn der Gesamtuntersuchung werden ergänzende Basisdaten erhoben.

Die bewertende Untersuchung wird als externe Fremdbeobachtung (nicht teilnehmend und offen) und schriftliche Befragung mit teilweise standardisiertem Fragebogen durchgeführt. Die Ziele sind, einerseits – nach einer Einführung und Übung der Methode des Lauten Denkens – die Akzeptanz dieser Methode in der Klasse zu überprüfen, andererseits zwei Lerner aus der Klasse zu identifizieren, die am häufigsten das Laute Denken umgesetzt haben. Hierfür wird die Methode erläutert und ein Klassifikationsschema für Emotionen zur Sensibilisierung besprochen.

Nach der Einleitung (Erläuterung der Ziele, des Untersuchungsablaufs und konkreter Aufgaben der Lerner) werden allgemeine persönliche Angaben und Selbsteinschätzungen zu PC-Kenntnissen entsprechend der Fragebogen WAMMI und ISONORM erhoben. Danach wird das Emotionsspektrum mit vier Hauptkategorien erarbeitet. Anhand 30 hintereinander per Beamer gezeigter Bilder werden sowohl das Laute Denken eingeübt als auch die eigene Emotion bewusster gemacht, indem jedes Bild einer der vier Kategorien begründend zugeordnet und mehrfach zum offenen Äußern von Emotionen aufgefordert wird. Jede verbale Emotion wird per Strichliste notiert, wobei mehrfache Äußerungen nicht berücksichtigt werden. Das Unterrichtsgeschehen wird nicht technisch aufgezeichnet, weil hierdurch ein anderes Verhaltensmuster der jungen Menschen zu erwarten ist. Bevor das jeweils nächste Bild von insgesamt 30 Bildern gezeigt wird, sollen die Lerner das Bild auf einem Vordruck nach dem Klassifikationsschema für Emotionen schriftlich einer von vier Emotionshauptkategorien zuordnen (vgl. Datei 131016_2_EinführungÜbung_lautesDenken.pdf, Anhang G). Das Laute Denken wird als akzeptierte Methode betrachtet, wenn nach ungewichteter Zählung durchschnittlich mindestens 50 % aller Lerner bei allen Bildern emotional reagiert haben, also ab insgesamt 225 Äußerungen. Unabhängig davon können stets die Lerner mit den zwei häufigsten Äußerungen identifiziert werden. Bei gleicher Häufigkeit können sich auch mehr als zwei Lerner ergeben. Die Ergebnisse werden den Lernern in der folgenden Unterrichtsstunde bekannt gegeben. Vorbehaltlich dieser Arbeit wird kein gesonderter Bericht erstellt.

Klassifikationsschema für Emotionen und Bildauswahl

Als Klassifikationsschema für Emotionen wird eine Mischung zweier Schemata, die Mayring (n. d., S. 131-138) dargelegt hat, verwendet. Die Aufzählung in der Zeile hinter den vier Hauptkategorien ist theoretisch fundiert (Mayring, n. d., S. 137 f.), die Aufzählung unter jeder Hauptkategorie ist empirisch bestätigt.

Zuneigungsgefühle Liebe, Sympathie, Bindungsgefühle, Mitgefühl, Stolz, Selbstwertgefühl, Hoffnung, Sehnen, Überraschung, Schreck

- (3) Erregung: Leidenschaft, Spannung

- (2) Zuneigung: Dankbarkeit, Verehrung, Wohlwollen, Zutrauen, Mitgefühl, Rührung
- (2) Stolz: Triumphgefühl
- (3) Überraschung: Erstaunen, Verwunderung

Abneigungsgefühle Ekel, Abscheu, Verachtung, Ärger, Wut, Zorn, Angst, Furcht, Hass, Eifersucht, Neid

- (3) Abneigung: Verachtung, Ekel, Widerwille
- (2) Ärger: Aggressionslust, Groll, Wut, Hass, Trotz
- (3) Angst: Entsetzen, Panik, Schreck, Verzweiflung
- (2) Neid: Eifersucht, Misstrauen, Schadenfreude

Wohlbefindensgefühle Lustgefühl, Genusserleben, Freude, Zufriedenheit, Entspanntheit, Glück

- (5) Freude: Begeisterung, Lust, Glück, Zufriedenheit, Erleichterung

Unbehagensgefühle Niedergeschlagenheit, Missmut, Trauer, Kummer, Wehmut, Scham, Schuldgefühl, Langeweile, Müdigkeit, Leere, Anspannung, Nervosität, Unruhe, Stress, Einsamkeitsgefühl

- (4) Traurigkeit: Heimweh, Sehnsucht, Kummer, Sorge
- (2) Scham: Reue, Schuld, Verlegenheit
- (2) Frustration: Verstimmtheit
- (3) Langeweile: Leere, Unlust
- (2) Unruhe: Ungeduld

Entsprechend der empirisch bestätigten Klassifikation von Emotionen wurden die Bilder möglichst gleichverteilt ausgesucht. Die Verteilung der verwendeten Bilder ist den eingeklammerten Zahlen in der obigen Auflistung zu entnehmen.

6.2.4 Lernerzentriertes Vergleichsuntersuchungsdesign

Die vergleichende Untersuchung kann als summative externe und schriftliche Fremdbefragung mit z. T. standardisiertem Fragebogen zu dem Produkt wegen einer Entscheidungsfindung für das Layout betrachtet werden. Im Gegensatz zu den beiden anderen Teiluntersuchungen werden in dieser keine Fachinhalte hinterfragt. Als Entscheidungsgegenstand dient ein vertikaler Prototyp der Ausbildungssoftware, in den die Ergebnisse der heuristischen Evaluation weitgehend eingebessert wurden, bei dem aber nur auf zwei Lernmodule zugegriffen werden konnte. Der Prototyp der Ausbildungssoftware ist

aufgrund der Empfehlungen der Ausbildungsexpertin K (Grafikdesignerin) zu möglichen Alternativen beim farblichen Design entsprechend der Tabelle 6.2 in drei grafischen Variationen aufgegangen (vgl. Versionen 8.1 bis 8.3, Abschnitt 5.6.2, Datei 131017_1_Vergleichstest.pdf und Anhang F); zur Farbwirkung, Kontrast usw. vgl. z. B. auch Bruns und Gajewski (2002, S. 78) oder Alessi und Trollip (2001, S. 76 f.). Auch diese Teiluntersuchung findet mit

Tabelle 6.2: Variation von Hintergrundfarben:

Für die Versionen 8.1, 8.2 und 8.3 der Ausbildungssoftware sind die Hintergrundfarben bestimmter Objekte auf den Webseiten (Page) variiert worden. Objekte der Kopfleiste sind mit (K) markiert.

Page	Objekt	Version 8.1	Version 8.2	Version 8.3
Startseite	Seite	hellgelb	weiß	hellgelb
Themenauswahl	Seite	hellgelb	weiß	hellgelb
Lernmodul	Seite	hellgelb	weiß	weiß
	Kopfleiste	hellblau	hellblau	hellgrün
	Thema (K)	hellgelb	weiß	dunkelorange
	Pfeil <i>Test</i> (K)	rot	rot	dunkelorange
	Pfeile <i>Weiter</i> und <i>Zurück</i> (K)	hellgrün	dunkelgrün	hellblau

Zustimmung der Schulleitung in einem Computerraum der Beruflichen Schule Direktorat 2 und mit den Lernern aus der Voruntersuchung statt. Vor der Entscheidungsfindung wiederholen die Lerner zunächst analog zu der Voruntersuchung die Methode des Lauten Denkens und die Teach-Back-Methode an insgesamt acht Bildern (vgl. Datei 131023_1_Übung_lautesDenken.pdf, Anhang G). Das Unterrichtsgeschehen wird wieder nicht technisch aufgezeichnet. Anschließend arbeiten die Lerner das Lernmodul *außergewöhnliche Sendung* mit einer der drei Versionen 8.1 bis 8.3 durch und wenden dabei das Laute Denken an. Währenddessen beobachtet der Untersuchungsleiter das Lernerpaar, das in einer Voruntersuchung das Laute Denken besonders gut umsetzen konnte, offen und notiert manipulative, visuelle und kognitive Äußerungen sowie den Anlass (gezielte Beobachtung der Blickrichtung und des Kontextes; vgl. Roto et al., n. d., S. 714 f.). Hierdurch sollen Usability-Probleme und gute Umsetzungen identifiziert werden. Die Intensität der Äußerungen wird als grobe Klassifizierung verwendet. Die abschließende Befragung aller Lernerpaare zu dem favorisierten Layout erfolgt in Anlehnung an Seufert, Back und Häusler (2001, S. 65 f.), zwei selbst entwickelten Items und den fünf Items der standardisierten Fragebogen ISONORM 9241/10 und WAMMI, die sich auf das Layout beziehen (vgl. Datei 131017_1_Ver-

gleichstest.pdf, Anhang G). Die selbst erstellten Items sind sofort auswertbar, während die restlichen Items in die letzte Teiluntersuchung einfließen und erst mit dieser ausgewertet werden. Das favorisierte Layout ergibt sich durch einfache Mehrheit der begründeten Nutzermeinung. Die Ergebnisse dieser Teiluntersuchung werden den Lernern in einer nachfolgenden Unterrichtsstunde bekannt gegeben. Vorbehaltlich dieser Arbeit wird kein Bericht hierüber erstellt.

6.2.5 Lernerzentriertes Gesamtuntersuchungsdesign

An dieser Teiluntersuchung nehmen die gleichen Lerner wie bei der Voruntersuchung teil. Sie findet wieder mit Zustimmung der Schulleitung in dem Computerraum der Beruflichen Schule Direktorat 2 statt. Zunächst erarbeiten sich die Lerner die Fachinhalte des Lernmoduls *Fahrweg-, Räumungs- und Abschnittsprüfung* der Version 9 der Ausbildungssoftware (vgl. Abschnitt 5.6.3 bzw. Anhang G), in der alle bis dahin bekannten Usability-Probleme ausgebessert wurden. Analog zu der Vergleichsuntersuchung soll wieder während der Lernphase das Laute Denken umgesetzt, beobachtet und dokumentiert werden. Die summative, lernerzentrierte, bewertende und schriftliche, externe Fremdbefragung wird danach mit den standardisierten Fragebogen ISONORM 9241/10 und WAMMI bezüglich der vertikalen Version 9 der Ausbildungssoftware durchgeführt. Die Auswertung des Fragebogens ISONORM 9241/10 erfolgt bei mindestens zehn Lernern nach Usability-Kriterien getrennt und übergreifend. Die Usability gilt als akzeptabel, wenn der Zentralwert den Wert 3,5 erreicht hat, gut ist sie bei einem Wert über vier (Prümper und Anft, 1993, S. 153). Analog erfolgt die Auswertung des Fragebogens WAMMI. Den Lernern werden die Ergebnisse in einer nachfolgenden Unterrichtsstunde bekannt gegeben. Vorbehaltlich dieser Arbeit wird kein Bericht hierüber erstellt.

6.2.6 Chronologischer Ablauf und psychometrische Güte

Die vier Teiluntersuchungen der Usability-Untersuchung für die Ausbildungssoftware sind dem chronologischen Ablauf in der Tabelle 6.3 zu entnehmen. Eine Übersicht über die psychometrische Güte der Usability-Untersuchung liefert die Tabelle 6.4.

Anmerkungen zu der psychometrischen Güte

Tergan (n. d., S. 330) hat die Güte der heuristischen Evaluation untersucht. Die Güte der Fragebogen geben Niegemann et al. (2008, S. 443 f.) an. Tabelle 6.4 bzw. Kirakowski (2013)² zeigen, dass die psychometrische Güte für alle

²vgl. auch www.wammi.com, Stand: 5.1.2014

Tabelle 6.3: Chronologischer Ablaufplan der Usability-Untersuchung

<i>Zeit</i>	<i>Teiluntersuchung: Methode, Mittel</i>	<i>Ergebnisprodukt</i>
Okt. 12 – Aug. 13	heuristische Evaluation, Befragung	Usability- und Learnability- Probleme
Behebung relevanter Usability-Probleme → Versionen 7 und 8, Feedback		
15.10.2013	Voruntersuchung: Beobachtung, Befragung, Version 7	Akzeptanz des Lauten Denkens
22.10.2013	Vergleichsuntersuchung: Beobach- tung, Befragung, Versionen 8.x	Layout
Behebung relevanter Usability-Probleme; Dynamisierung. → Version 9		
3.12.2013	Beobachtung, Version 9	Usability- Probleme
10.12.2013	Gesamtuntersuchung: Befragung (WAMMI, ISONORM 9241/10), Version 9	Usability der Ausbildungs- software
Feedback, Behebung ausgewählter Usability-Probleme, Abschlusskon- trolle, Auswertung, Berichtlegung		

Tabelle 6.4: Psychometrische Güte für die Usability-Untersuchung:

Die psychometrische Güte ist für die vier Teiluntersuchungen der Usability-Untersuchung (heuristische Evaluation HE, Voruntersuchung Vor., Vergleichsuntersuchung Ver. und Gesamtuntersuchung Ges.) fundiert. Mit den Fragebogen sind hier die Fragebogen ISONORM 9241/10 und WAMMI gemeint.

	<i>Objektivität</i>	<i>Reliabilität</i>	<i>Validität</i>
HE	Äquivalenz	empirisch geprüfte Heuristiken	empirisch geprüfte Heuristiken
Vor.	Strichliste: je Äußerung ein Strich	Anzahl der Striche: Emotionalität	Äußerungen: akzep- table Messereignisse von Emotionen
Ver.	Äquivalenz	nur ankreuzbares Layout; Begrün- dung bestätigt die Entscheidung	Entscheidungsfrage: zielt direkt auf das favorisierte Layout
Ges.	Äquivalenz	Reliabilität der Fra- gebogen	Validität der Frage- bogen

Teiluntersuchungen hinsichtlich der angestrebten Ziele vorliegt. Die Voruntersuchung muss separat von der Usability-Untersuchung betrachtet werden. Insgesamt ist die psychometrische Güte für die Usability-Untersuchung gegeben.

6.2.7 Durchführung der Untersuchungen und Auswertung der Voruntersuchung

Alle Teiluntersuchungen verliefen im Großen und Ganzen wie geplant.

Durchführung der Usability-Untersuchung

Die Ausbildungssoftware (Version 7) umfasst über 550 Webseiten bzw. über 850 Dateien. In der heuristischen Evaluation untersuchten insgesamt sechs externe Ausbildungsexperten 156 von etwa 550 Lernmoduleseiten der Ausbildungssoftware in der Vorversion von Version 7 bezüglich der Usability. Zum frühesten externen Untersuchungszeitpunkt, dem 12.10.2012, waren ca. 100 Lernmoduleseiten umgesetzt und zum 30.5.2013 alle. Folgende Ausbildungsexperten haben die angegebene Anzahl an Lernmoduleseiten überprüft.

- Experte B: alle Webseiten (1. Gesamtuntersuchung zur Entwicklungszeit: bis April 2013; 2. Gesamtuntersuchung nach Fertigstellung: August 2013)
- Expertin K: 12 Seiten (12.10.2012)
- Experte R: 57 Seiten (3.5.2013)
- Experte H: 63 Seiten (30.5.2013)
- (Experten V: ca. 24 Seiten (27.4.2013))
- (Experte U: keine konkrete Angabe möglich)

Die vier Ausbildungsexperten B, K, R, und H haben die Usability-Untersuchung sehr ausführlich durchgeführt. Die Ausbildungsexperten wählten die zu untersuchenden Lernmoduleseiten nur zu etwa 80 % entsprechend der Planung aus. Die restlichen 20 % wurden zufällig ausgewählt. Zuerst untersuchte die Ausbildungsexpertin K das Layout. Sie gab Anmerkungen und Empfehlungen zu möglichen Farbvariationen und zu grafischen Objekten (vgl. Anhang D). Der Ausbildungsexperte R untersuchte die Ausbildungssoftware kurz vor der vollständigen Implementierung aller Fachinhalte, alle anderen Ausbildungsexperten auf Basis der vollständigen Fachinhalte. Die Einschätzungen und Anmerkungen der Ausbildungsexperten sind in Anhang D einzusehen und wurden wie geplant auf Sinnhaftigkeit und Umsetzbarkeit geprüft. In Anhang E sind die Usability-Probleme mit den Begründungen für die Nichtberücksichtigung nachzulesen. In Abweichung von der Planung

wurden zwei anstatt drei Durchläufe zur Usability-Untersuchung durchgeführt (1. Contentebene, Ablaufdynamik und Steuerelemente, 2. Priorität). Um einem Qualitätsverlust vorzubeugen, wurden die untersuchten Lernmoduleseiten besonders intensiv und langsam untersucht.

Die Learnability ist global für alle Webseiten von fünf Ausbildungsexperten eingeschätzt worden. Die absolute Häufigkeit der Learnability-Probleme je Heuristik ist in Tabelle 6.10 und die Mediane der absoluten Learnability-Problem-Häufigkeit getrennt nach Ausbildungsexperten in Tabelle 6.11 eingetragen. Das Feedback wurde den Ausbildungsexperten nach der Prüfung auf Sinnhaftigkeit und Umsetzbarkeit gegeben.

Zum Beginn der Voruntersuchung und zum Beginn der Gesamtuntersuchung wurden wie geplant ergänzende Basisdaten erhoben (vgl. Tabellen 6.12 und 6.5). Die lernerzentrierten Usability-Untersuchungen sind von allen 15 Nutzern vorgenommen worden, wobei nur einzelne Fragen nicht beantwortet wurden.

In der Vergleichsuntersuchung arbeiteten die Lerner i. a. in Partnerarbeit³ das gesamte Lernmodul inklusive der Lernmodulübung und des Lernmodultests bzgl. des geplanten Themas mit den Versionen 8.1 bis 8.3 ohne Zeitvorgabe durch. Die parallel arbeitenden Gruppen benötigten zwei Unterrichtsstunden und diskutierten innerhalb jeder Gruppe insbesondere die Übungs- und Testaufgaben sehr intensiv. Eine Gruppe wich von der geplanten Bearbeitung der Übungs- und Testaufgaben ab, indem sie die Nachbargruppe dazu bewegte, die notwendigen Lernmodul-Contentseiten anzuzeigen, um den Response zu den Items auf den eigenen Rechner übertragen bzw. leichter ableiten zu können. Insgesamt bereiteten weder die Bedienung der Ausbildungssoftware, noch das Öffnen mehrerer Seiten oder das Umschalten zwischen den Seiten Probleme. Abschließend ist der Response zu den Testaufgaben detailliert in der Klasse zusammen mit dem Lehrer besprochen worden, wobei viele fachliche Defizite bzgl. der durchgearbeiteten Lernmodulinhalte zu Tage traten. Danach beantworteten die Lerner Fragen zu dem Layout (WAMMI und ISONORM 9241/10) und begründeten das von ihnen bevorzugte Layout und Farbdesign (vgl. Tabelle 6.13). In der Gesamtuntersuchung wurde anschließend das vorgesehene Thema mit den Übungs- und Testitems (Version 9) in Partnerarbeit und ohne Zeitvorgaben wie geplant durchgearbeitet. Die Schüler bearbeiteten das Thema innerhalb von einer knappen Zeitstunde, obwohl der Themenumfang im Regelunterricht mindestens drei Schulstunden umfasst. Danach beurteilten die Schüler die Ausbildungssoftware insgesamt, und zwar mit den restlichen Fragen der Fragebogen WAMMI und ISONORM 9241/10 sowie zwei selbst erstellten Fragen (vgl. Abschnitt 6.3.4). Das Feedback wurde den Lernern im Dezember 2013 gegeben.

³Eine Dreiergruppe wurde gebildet.

Am darauf folgenden Tag wollten die Lerner die zusammengefassten fachlichen Inhalte in regulärer Unterrichtsform erneut vermittelt bekommen. Danach wurde eine Leistungskontrolle zum Thema *außergewöhnliche Beförderung* durchgeführt. Das Ergebnis der Leistungskontrolle ist in der Tabelle 6.14 ersichtlich.

Durchführung und Auswertung der Voruntersuchung

Die Voruntersuchung wurde wie geplant durchgeführt. Die allgemeinen persönlichen Angaben, Selbsteinschätzungen zu PC-Kenntnissen und die kategorisierten Aufzeichnungen der Strichliste sind der Tabelle 6.5 zu entnehmen. Die Tabelle 6.5 zeigt deutlich, dass die absolute Häufigkeit der emotionalen Äußerungen trotz wiederholter Aufforderung nur bei einem Lerner höher als 50 % liegt. Die gesamte Lernergruppe akzeptiert das Laute Denken nicht (Gesamtanzahl der tatsächlichen Äußerungen: 110; Entscheidungswert: 225). Diese Abweichungen sind hoch signifikant. Da dies möglicherweise an der Einführung des Lauten Denkens liegt, soll das Verhalten der Lerner noch genauer beobachtet werden. Wenn es nicht häufiger umgesetzt wird, ist die Methode in der weiteren Usability-Untersuchung nicht anwendbar. Vermutlich ist es für die Schüler aufgrund ihrer üblichen Verhaltenserwartungen im Unterricht, diszipliniert und ruhig zu sein, bzw. aufgrund der Anforderungen in ihrem Beruf, beherrscht und sachlich zu bleiben, nicht möglich, kurzfristig ihr gewohntes Verhalten abzulegen. Kerkau (n. d., S. 335) hat angegeben, dass die Methode eine Intrusion darstellt, durch die die Leistungsfähigkeit des Lerners herabgesetzt ist. Eine Abwandlung der Methode (vgl. Kerkau, n. d., S. 335) ist hier nicht durchführbar.

Während der Vergleichsuntersuchung wurde das Laute Denken von den Lernern trotz mehrfacher Aufforderung nicht umgesetzt (vgl. auch Drewniak, 1992, S. 89, S. 156 f.). Auch der in der Voruntersuchung besonders aktive Laute Denker setzte dieses kaum noch um. Stattdessen fanden intensive Gespräche mit dem jeweiligen Partner statt. Somit wurde die Methode des Lauten Denkens als ungeeignetes Mittel eingestuft und stattdessen die Kerninhalte der Gespräche zwischen den Partnern hinsichtlich der Usability stichpunktartig durch den Untersuchungsleiter notiert. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf das Paar mit dem besonders aktiven Lauten Denker gelegt.

6.3 Teilergebnisse der Usability-Untersuchung

Die expertenzentrierten Ergebnisse sind in den Abschnitten 6.3.1 bis 6.3.3 (Layoutgestaltung, Usability einzelner Lernmoduleseiten und globale Learnability) dargestellt, während die lernerzentrierten Ergebnisse in den Abschnitten 6.3.4 und 6.3.5 (Basisdaten der Lerner, Vergleich des Layouts, Zufriedenheit mit der Struktur und globale Usability) dargelegt werden.

Tabelle 6.5: Basisdaten zur Voruntersuchung:

Aufgelistet sind persönliche Angaben der Lerner, Vorkenntnisse und Ergebnisse zur Einführung des Lauten Denkens, die absolute Häufigkeit der Striche bei post-hoc Kategorisierung, der Mittelwert und die Standardabweichung (Std.-Abw.). Ein Ausreißer mit 30 Strichen ist erkennbar. Die meisten Lerner zeigen vier bis acht von maximal 30 Emotionsäußerungen (ca. 13 % bis 27 %) bei relativ geringer Streuung.

	<i>Mittelwert (Std.-Abw.), Ergebnis</i>
Alter [Jahre]	21,33 (2,44)
Geschlecht	acht Männer, sieben Frauen
Interneterfahrung; Skala [1; 5]	4,2 (0,64)
Web-Lernsoftware-Erfahrung Skala [1; 5]	2,6 (0,61)
Arbeit mit Computern [Monate]	104,07 (43,12); Spannweite: [11; 204]
Arbeit mit Computern [Std./Woche]	20,43 (3,93); Verteilung: 7 Lerner im Intervall [0; 10] 4 Lerner im Intervall [11; 25] 2 Lerner im Intervall [26; 40] 2 Lerner im Intervall [41; 80]
aktuell verwandte Software [Anzahl]	6,13 (3,93); Verteilung: 3 Lerner im Intervall [0; 1] 8 Lerner im Intervall [2; 6] 4 Lerner im Intervall [9; 20]
Beruf	EiB/F
verbale Emotionsäußerungen [Anzahl]	7,33 (5,20); Verteilung: 4 Lerner im Intervall [0; 2] 7 Lerner im Intervall [4; 8] 3 Lerner im Intervall [12; 13] 1 Lerner mit 30
Übereinstimmung der Emotions- kategorie mit der erwarteten Ein- schätzung [Anzahl]	16,13 (2,68) von insgesamt 30 Bil- dern (ca. 54 %); Spannweite: [10; 22]

6.3.1 Layoutgestaltung im Sinne der Ausbildungsexperten

Die Ausbildungsexpertin K empfahl das Folgende.

Hintergrundfarbe Der weiße Hintergrund [Anm.: der Linkleiste] wirkt sehr hart, sehr helles Hellgrau ist besser.

Schriftfarbe Regel: weiße Schrift stets vermeiden, Gelb ist schwer lesbar

Farbe im Lernmodul Themenfeld oben links ggf. mit gelbem Hintergrund (besser)

Farbe für Steuerelemente Themenfeld oben links ggf. mit rotem Hintergrund (schlechter)

Hintergrundfarbe im Lernmodul

- sehr helles Hellgrau
- Alternativfarbe (Intro, Menü): Hellgrün statt Hellblau (dunkelgrüne Elemente anstatt aktuell hellgrüne Pfeile)
- ggf. dunkelorange Pfeil anstatt rotem *Test*-Pfeil

Hintergrundfarbe Hintergrund gelb (bzw. etwas dunkler als weiß) einfärben, rote Farbe für Themen und Lernmodule ist i. O.

Überschriftmarkierung im Text kursiv, in gleicher Schriftfarbe wie der Fließtext

Textfarbe rote Textfarbe ggf. in Dunkelorange ändern

Bilder ggf. Bilder bzw. Symbole (z. B. Ausrufezeichensymbol) als Hinweiszeichen anstatt blaue Schrift → links an den Blattanfang setzen; dabei eine zweispaltige Tabelle verwenden

Struktur

- Lernmodul (rechts oben): (beide) Pfeil-Kästen (rechts oben) ggf. mit einer 1x1-Tabelle umsetzen, um einen Umbruch der drei Bilder (Pfeile) zu unterbinden
- Bei tabellenartiger Lehrzielangabe sollten die Tabelleneinträge mit den Lerncontentseiten verlinkt werden (z. B. bei Signalen: Hyperlinks auf einzelne Signalgruppen zur Unterstützung einer Signalsuche).
- Der Menüpunkt *Prüfungsvorbereitung* sollte auf die Zwischen- und die Abschlussprüfung verzweigen.
- Das Kopfménü für die Lernmodule ist i. O.

Bildverwendung Ein Bild je Seite sollte angestrebt werden.

Animationsverwendung Die Animation der Dampflokomotive ist i. O.

Hinweis zur Struktur Bei der Usability-Untersuchung mit den Schülern ist darauf achten, ob die Schüler den Themenüberblick (unberechtigterweise) freischalten.

Lernmoduleseiten

- Das Menü soll auch beim Scrollen sichtbar bleiben (vgl. Alessi und Trollip, 2001, S. 66).
- Es sollte einen stärkeren Bezug auf konkrete Menschen geben, z. B. eine konkrete Person als Zugführer (mit Armbinde).
- Die Textlastigkeit könnte durch aufklappbare Textüberschriften subjektiv reduziert werden.

Interpretation

Die grafikbezogenen Anmerkungen und Empfehlungen der Ausbildungsexpertin K wurden einerseits ohne Änderungen in der Version 7 umgesetzt und bildeten andererseits eine Grundlage zur Entwicklung dreier Layoutvarianten (unterschiedliche Farbkombinationen, vgl. Tabelle 6.2), die in den Versionen 8.1 bis 8.3 (vgl. Abschnitt 5.6, Anhang F) umgesetzt wurden, wodurch der Vergleichstest ermöglicht wurde.

6.3.2 Usability aus Ausbildungsexpertensicht

In Abschnitt 6.2.7 wurde bereits gezeigt, dass die vier Ausbildungsexperten B, K, R, und H die Usability-Untersuchung sehr ausführlich durchgeführt haben. Auf 156 untersuchten Lernmoduleseiten (von insgesamt etwa 550 Lernmoduleseiten) haben die externen Experten insgesamt 236 Usability-Probleme angemerkt (vgl. Anhang D). Nach einer Prüfung auf Sinnhaftigkeit und Umsetzbarkeit konnten manche dieser Usability-Probleme nicht akzeptiert werden. Die 236 Usability-Probleme schlüsseln sich wie folgt auf (vgl. auch Anhang E).

- 64 Usability-Probleme werden nicht umgesetzt. Einige Gründe für die Ablehnung genannter Usability-Probleme waren z. B. die folgenden.
 - Die Lernmoduleseite würde sonst zu unübersichtlich (z. B. „Schlüsselwörter auf der Startseite fett markieren.“).
 - Der ursprüngliche Satzinhalt ist gut verständlich (z. B. „... zum Arbeitsbeginn...“ sollte durch „... vor und nach dem Arbeitsbeginn...“ ersetzt werden).
 - Der entsprechende Fachbegriff soll verwendet werden (z. B. Begriffe *Novize*, *proprietär* und *Gleis räumen* ersetzen).

- Die Software soll nicht witzig dargeboten werden (z. B. Verwendung von Fahrdienstleiternamen wie etwa „Peter Stelldichein“).
 - Die Sprache soll eher dezent sein (z. B. Verwendung von Ausrufezeichen).
 - Die Information ist an dieser Stelle unwichtig (z. B. Begriffe *Aufprall* und *Zusammenstoß* definieren).
 - Die Abkürzungen müssen vom Fahrdienstleiter zuverlässig beherrscht werden (z. B. Abkürzungen FeRT und BüT für Tasten auf dem Stelltisch stets ausschreiben).
 - Die Informationen werden in einem anderen Lernmodul vermittelt, weil dort der Schwerpunkt liegt (Bsp. wirtschaftliche Aspekte bei der Fehlersuche einbringen).
 - Die Grammatik schreibt dies vor (z. B. neben dem Zeichen „/“ stets ein Leerzeichen lassen).
- Sechs Anmerkungen sind unklar. Einige Beispiele sind die folgenden.
 - Es solle eine separate Übung geben, bei der die Kurzbezeichnungen konzentriert geübt werden könnten. Anmerkung: Die Übungen sollen situationsspezifisch angewandt und gelernt werden.
 - Einige Items haben keinen Standard-Response in der Pop-Up-Lösung. Anmerkung: Die wenigen fehlenden Lösungen sind sehr einfach zu ermitteln. Sie sind bewusst offen gelassen.
 - Vier Anmerkungen sind widersprüchlich.
 - Verwendung der Begriffe *Fachkraft* bzw. *Fachkraft LST*: „Es sollte explizit genannt werden, wer bei Störungen zu informieren ist“ (Experte R) – „Es ist unterschiedlich geregelt, wer zu informieren ist“ (Experte H) → Verwendung des Begriffes *Fachkraft*
 - Die Motivation sollte mehr in den Vordergrund gerückt werden, z. B. durch farbliche Hervorhebung. (Experten V) – Es sollten nicht mehr Farben verwendet werden (Expertin K, Grafikspezialistin; Alessi und Trollip, 2001, S. 76) → Keine weiteren Farben werden verwendet.
 - 162 Anmerkungen sind akzeptiert und umgesetzt worden.

Neben der Interpretation der Usability-Probleme als Chance zur Verbesserung stellen diese auch eine Momentaufnahme dar und zeigen bereits zu diesem Zeitpunkt durch die Heuristiken und die Priorität, welche Bereiche wie gut benutzerfreundlich sind bzw. wo und wie stark die Usability zu verbessern ist. Tabelle 6.6 zeigt die absolute und relative Verteilung der 162 akzeptierten Usability-Probleme auf die fachliche Richtigkeit, die Rechtschreibung und

Grammatik sowie die Heuristiken 1, 2, 3, 4 und 9 (vgl. Abschnitt 5.4.1). Zu den Heuristiken 5 bis 8 hat kein Ausbildungsexperte ein Usability-Problem genannt. Die fünfstufige Priorität (vgl. Abschnitt 6.1.2) der 162 identifizier-

Tabelle 6.6: Häufigkeit der Usability-Probleme:

Die absoluten und relativen Häufigkeiten der 162 Usability-Probleme (Ges.) sind nach der fachlichen Richtigkeit (FR), der Rechtschreibung und Grammatik (R/G) und den Heuristiken nach Nielsen (vgl. Abschnitt 5.4.1) dargestellt. Für die Regeln 5 bis 8 wurden keine Usability-Probleme gefunden. Die Heuristik 10 konnte nicht angewandt werden.

<i>Ges.</i>	<i>FR</i>	<i>R/G</i>	<i>Heuristik</i>				
			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>9</i>
162	73 (45 %)	30 (19 %)	1	24 (15 %)	28 (17 %)	5 (3 %)	1

ten Usability-Probleme zeigt Tabelle 6.7. Exemplarisch ist die Einschätzung

Tabelle 6.7: Stärke der Usability-Probleme:

Die absoluten Häufigkeiten der 162 Usability-Probleme sind nach der fachlichen Richtigkeit (FR), der Rechtschreibung und Grammatik (R/G) und der fünfstufigen Priorität nach Nielsen (vgl. Abschnitt 6.1.2) dargestellt. Für die Regeln 5 bis 8 wurden keine Usability-Probleme gefunden. Die Heuristik 10 konnte nicht angewandt werden. Die Summen nach der Priorität (N_{Prio}^U) und FR, R/G bzw. Heuristiken (N_H^U) sind aufgeführt. Zu einigen Usability-Problemen erfolgte keine Angabe der Priorität (k. A.).

<i>Prio.</i>	<i>FR</i>	<i>R/G</i>	<i>Heuristik</i>					N_{Prio}^U
			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>9</i>	
0	3	1	–	1	2	–	–	7
1	3	–	–	1	–	–	–	4
2	39	20	–	19	7	1	1	87
3	28	9	1	1	1	–	–	40
4	–	–	–	–	1	1	–	2
k. A.	–	–	–	2	17	3	–	22
N_H^U	73	30	1	24	28	5	1	162

der Priorität des Ausbildungsexperten R detailliert in Tabelle 6.8 aufgezeigt. Tabelle 6.9 und Anhang D offenbaren die unterschiedlichen Prioritätstendenzen (Median und Spannweite der Priorität von Usability-Problemen) jedes Ausbildungsexperten.

Interpretation

In dieser Teiluntersuchung sind auf 156 Lernmoduleseiten zu diesem Zeitpunkt insgesamt 162 Usability-Probleme identifiziert worden, also durchschnittlich etwa eines pro Lernmoduleseite. Dabei liegt in dieser Vorversion der Ausbildungssoftware die Wahrscheinlichkeit eines fachlichen Fehlers bei knapp

Tabelle 6.8: Usability-Problem-Klassifizierung durch den Ausbildungsexperten R: Die absoluten Häufigkeiten der von dem Ausbildungsexperten R identifizierten Usability-Probleme sind nach der fünfstufigen Priorität von Nielsen (vgl. Abschnitt 6.1.2) und der fachlichen Richtigkeit (FR), der Rechtschreibung und Grammatik (R/G) bzw. den Heuristiken angegeben. Die Summen nach Priorität ($N_{Prio.}^U$) und FR, R/G bzw. Heuristiken (N_H^U) sind aufgeführt. Zu einigen Usability-Problemen erfolgte keine Angabe der Priorität (-).

<i>Prio.</i>	<i>FR</i>	<i>R/G</i>	<i>Heuristik</i>					$N_{Prio.}^U$
			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>9</i>	
0	3	1	–	1	2	–	–	7
1	–	–	–	–	–	–	–	0
2	25	19	–	15	6	1	1	67
3	–	–	–	–	–	–	–	0
4	–	–	–	–	–	–	–	0
N_H^U	28	20	0	16	8	1	1	74

Tabelle 6.9: Prioritätstendenzen der Ausbildungsexperten:

Für jeden Ausbildungsexperten sind der Median M_A^U und die Spannweite zu deren fünfstufiger Prioritätseinschätzung (vgl. Abschnitt 6.1.2) von Usability-Problemen angegeben. Fehlende Priorität tritt auch auf (-).

<i>Ausbildungsexperte</i>	M_A^U	<i>Spannweite</i>
H	3	[1; 4]
R	2	[0; 2]
K	–	–
Alle	2	[0; 4]

unter 50 % aller Fehler (vgl. Tabelle 6.6). Die Wahrscheinlichkeit für einen Rechtschreib- oder Grammatikfehler liegt etwa gleichauf mit der Gefahr zu hoher kognitiver Belastung (ca. 19 % aller Fehler). Die Sprache des Lerners ist je Lernmoduleseite in etwa 15 % aller Fehler verbesserbar. Da die Items, das Feedback und die Dynamisierung noch nicht umgesetzt waren und die Steuerung des Browsers mitverwendet wird, dürfen aus den Heuristiken 1, 5, 6, 7, 9 und 10 keine Schlüsse gezogen werden. Somit ist neben den Heuristiken 2 bis 4 auch noch die Heuristik 8 *Fehler vermeiden* auswertbar: kein Usability-Fehler. Die Ausbildungsexperten konzentrierten sich offenbar bei den Usability-Problemen auf bestimmte Spezialbereiche. Eine genauere Betrachtung (vgl. auch Anhang D) zeigt Folgendes: H konzentrierte sich auf die Richtigkeit von Fachinhalten, K widmete sich ausschließlich der Layoutgestaltung und R hat seine Aufmerksamkeit zwar breit gestreut, insbesondere aber die fachliche Richtigkeit, die Rechtschreibung und die Grammatik überprüft. Die Ausbildungsexperten klassifizieren auch unterschiedlich (vgl. Tabellen 6.7 und 6.9). Konzentriert man sich auf die Prioritätsstufen 3 und 4, liegen dahinter folgende Usability-Probleme (vgl. Anhang D).

- Das Steuermenü sollte stets sichtbar sein.
- Der Link auf den *Bahnübergang* funktioniert nicht. Ursache: absolute Adressierung anstatt relative
- Die Farbe ist zu ändern: „Wie wird ein Bahnübergang angeschaltet?“

6.3.3 Learnability aus Ausbildungsexpertensicht

Die Tabellen 6.10 und 6.11 zeigen die Verteilung der Learnability-Probleme nach der Priorität und nach Ausbildungsexperten.

Tabelle 6.10: Expertenzentrierte Learnability, absolute Häufigkeiten:

Die absolute Häufigkeit der Learnability-Probleme ist nach den reduzierten Heuristiken für eine Learnability-Untersuchung (Inh.: Inhalt; Ad.: Adaption; Tec.: Technologie; Int.: Interaktivität; Unt.: Unterstützung; Kom.: Kommunikation; Wi.: Wissenserwerb; Pro.: Projekte; Ko.: Kontrolle) und der fünfstufigen Priorität (Prio.) von Nielsen (vgl. Abschnitt 6.1.2) aufgetragen. Der Median für die Priorität $M_{Prio.}^L$ und die Spannweite sind ohne Berechnung erkennbar. Zu einigen Prioritäten erfolgten keine Angaben (-). Der Maximalwert 3 in der höchsten Priorität ist markiert.

Prio.	Inh.	Ad.	Tec.	Int.	Unt.	Kom.	Wi.	Pro.	Kon.
0	4	4	–	4	3	2	14	3	6
1	3	14	20	10	8	1	2	4	1
2	3	7	5	9	1	1	2	1	3
3	–	–	–	1	3	–	2	–	1
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$M_{Prio.}^L$	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0

Tabelle 6.11: Expertenzentrierte Learnability: Mediane je Ausbildungsexperten: Die Mediane der absoluten Häufigkeit der Learnability-Probleme sind nach den reduzierten Heuristiken für eine Learnability-Untersuchung (Inh.: Inhalt; Ad.: Adaption; Tec.: Technologie; Int.: Interaktivität; Unt.: Unterstützung; Kom.: Kommunikation; Wi.: Wissenserwerb; Pro.: Projekte; Ko.: Kontrolle) und den fünf Ausbildungsexperten (Exp.: R, H, B, V_1 und V_2) getrennt aufgetragen. Die Mediane je Ausbildungsexperten M_A^L und je Heuristik M_H^L sowie deren Spannweite sind gut erkennbar. Zu einigen Medianen erfolgten keine Angaben (-). Der Maximalwert 3 ist markiert. Über alle Ausbildungsexperten liegt der Gesamtmedian bei 1.

<i>Exp.</i>	<i>Inh.</i>	<i>Ad.</i>	<i>Tec.</i>	<i>Int.</i>	<i>Unt.</i>	<i>Kom.</i>	<i>Wi.</i>	<i>Pro.</i>	<i>Kon.</i>	M_A^L
R	0,5	0	2	0	0	0	0	0	0	0
V_1	1,5	1	1	2	1	-	2	2	2	1,75
V_2	2	2	1	2	3	2	-	-	-	2
H	0,5	1	1	1	1	1	0	1	2	1
B	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
M_H^L	0,5	1	1	1	1	0,5	0	1	1	1

Hinter den Problemen der Prioritätsstufe 3 liegen folgende Learnability-Probleme.

- Navigationsfreude (Interaktivität): Der Button *weiter* ist nicht immer sichtbar.
- Es fehlen Werkzeuge für individuell unterschiedliche kognitive Lernstile und kognitive Level der Schüler zum Wissenserwerb.
- Es fehlen Experimentiermöglichkeiten mit dem erworbenen Wissen.
- Es fehlen externe Kontrollen (Übungen, Prüfungen; Menge und Qualität).
- Die Unterstützung des Lernenden ist zu wenig. (Anmerkung: Der Experte hat leider nur den Oberpunkt bewertet. Eine Detailangabe fehlt daher.)

Interpretation

Tabelle 6.10 zeigt keine katastrophalen Probleme (Klassifikationsstufe 4) bezüglich der Learnability und die Mediane M_H^L bzw. $M_{Klass.}^L$ liegen maximal bei 1, wodurch die Learnability-Probleme akzeptabel werden. Trotzdem sollten folgende größere Probleme der Klassifikationsstufe 3 behoben werden. Das Experimentieren sollte aufgrund der Sicherheitsrelevanz nicht umgesetzt werden. Eine externe Kontrolle ist bereits im pädagogisch-didaktischen Ansatz integriert, da die Ausbildungssoftware nicht alleine zur Fachinhaltsvermittlung eingesetzt werden soll. Dies ist auch der Grund, warum unterstützende Werkzeuge nicht unbedingt benötigt werden. Von fünf Experten

empfand nur der Experte V2 die „fehlende“ Unterstützung als großes Problem (vgl. Markierung in der Tabelle 6.11). Mit der Anbindung der Hilfeseiten, der Infokästen, dem Link auf die Grundlagenseiten, dem umgesetzten Konzept (vgl. Abschnitt 5.2.1) und der Mailanbindung an Ausbildungsexperten liegt bereits in der Version 7 eine weitreichende Unterstützung vor. Der Experte V2 hat im Unterschied zu allen anderen vier Experten recht streng bewertet (vgl. Tabelle 6.11). Der Median hat bei V2 den Wert 2, ansonsten liegen die Mediane unter 1,75. Zudem ist die Unterstützung (Pop-Up-Buttons und Unterstützung nach drei Leistungsniveausstufen) in der zugrundeliegenden Version 7 nicht vollständig umgesetzt. Insgesamt bleibt vor allem das Learnability-Problem zur permanenten Sichtbarkeit des Lernmodulmenüs (bzw. des Pfeils *Weiter*). Dieses wird exemplarisch in der Version 9 behoben.

Ergebnisse zu der Befragung nach den Basisdaten

Zum Beginn der Voruntersuchung (vgl. Tabelle 6.5) und zum Beginn der Gesamtuntersuchung wurden wie geplant ergänzende Basisdaten erhoben (vgl. Tabelle 6.12).

Tabelle 6.12: Basisdaten zur Gesamtbewertung der Lerner:
Neben dem Mittelwert ist manchmal die Standardabweichung (Std.-abw.) angegeben.

Untersuchungsgegenstand	<i>Mittelwert (Std.-abw.), Ergebnis</i>
Arbeit mit der Ausbildungssoftware [Monate]	0,5
Arbeit mit der Ausbildungssoftware [Std./Woche]	7
Beherrschen der Ausbildungssoftware; Skala [1; 7], 1 $\hat{=}$ sehr gut	4,87 (1,21)
ausreichend Erfahrung mit der Ausbildungssoftware [Ja – Nein]	Ja: 11 Lerner Nein: 2 Lerner keine Aussage: 2 Lerner
verbale Emotionsäußerungen [Anzahl]	3
Übereinstimmung der Emotionskategorie mit erwarteter Einschätzung [Anzahl]	4,53 (0,89) von insgesamt 8 Bildern (ca. 57%); Spannweite: [1; 6]

Interpretation

Die Lerner besitzen nach ihrer Selbsteinschätzung viel Internet-, jedoch nur durchschnittliche Web-Lernsoftwareerfahrung. Sie arbeiten durchschnittlich

seit etwa 8,7 Jahren mit Rechnern (zwei Ausreißer mit nur einem Jahr bzw. mit 17 Jahren), wobei die Arbeitsdauer mit Rechnern stark schwankt (0 bis 80 Stunden/Woche). Die meisten arbeiten zwei bis sieben Stunden/Woche mit ihm. Drei Lerner müssen während der Usability-Untersuchung besonders unterstützt bzw. bei der Auswertung gesondert betrachtet werden, weil deren Erfahrung mit Rechnern gering ist. Eine kurzfristige Teilkompensation dieser fehlenden Erfahrung ist für die Usability-Untersuchung mit Partnerarbeit bzw. situativen Hilfen durch den Lehrer möglich. Für die meisten Schüler stellt die Arbeit am Rechner kein Problem dar. Die Lerner empfinden die Arbeit mit der Ausbildungssoftware trotz der relativ kurzen Zeit zum Kennenlernen nicht als problematisch, denn sie schätzen ihre Erfahrung zur Bedienung überwiegend als ausreichend ein (Mittelwert = 4,87, Standardabweichung = 1,21). Kein Lerner hatte Probleme bei der Bedienung der Ausbildungssoftware. Auch das Öffnen mehrerer Seiten und das Umschalten zwischen den Seiten bereiteten keine Probleme.

6.3.4 Präferiertes Layout für die Lerner

Aus Tabelle 6.13 sind die Einschätzungen bzw. die Entscheidungen der Lerner bzgl. des Vergleichstests (vgl. Datei 131017_1_Vergleichstest.pdf, Anhang G) ablesbar.

Zusätzlich sind folgende Wünsche bzw. Kritik von einem Lerner geäußert worden (leicht abgeändert):

- „Es soll mehr Ankreuzaufgaben geben.“
- „Die Inhalte sollen spielerisch vermittelt werden.“
- „Die Inhalte sind zu theoretisch.“

Zudem gaben einzelne Lerner folgendes Feedback (leicht abgeändert).

- Eine andere Schriftart soll verwendet werden.
- Die Fragen *Nachgehakt* sind sehr gut, weil man dadurch „wachbleibt“.
- Es ist gut, dass eine einheitliche Schriftart und einheitliche Schriftgrößen bestehen, aber die Menüpfleile auf der Lernmoduleseite sollen zusätzlich unten angebracht sein. Ferner soll die Software nur zur Unterstützung von regulärem Unterricht eingesetzt werden, nicht aber als kompletter Kurs im Selbststudium.

Interpretation

Etwa 73 % der 15 Schüler haben das Layout der Version 8.1 bevorzugt (vgl. Tabelle 6.13). Nur vier Lerner entschieden sich dagegen. Somit sollte dieses als das am meisten akzeptierte Layout umgesetzt werden. Den Ausschlag

Tabelle 6.13: Antworten zu der Vergleichsuntersuchung:
 Das Farbschema in der Version 8.1 der Ausbildungsoftware wird häufiger favorisiert (vgl. Tabelle 6.2). Die Gründe sind vielseitig.

	<i>Version 8.1</i>	<i>Version 8.2</i>	<i>Version 8.3</i>
Häufigk.	11	3	1
Gründe (leicht ange- passt)	dezentere Farben, nicht zu eintönig und nicht zu bunt, angenehmere Farben, augenschonend, freundlicher gestaltet, zueinander besser pas- sende Farben, Wesentliches bleibt gut sichtbar, Hellgrün ist schöner als Dunkelgrün und übersichtlich	dezentere Farben als bei Version 8.3, Gelbton ist nicht so grell bzw. anstrengend wie bei Version 8.1 und guter Kontrast, aber langfristig zu anstrengend	bunt

hierfür gaben dezentere und angenehme Farben, das freundliche Design und die Übersichtlichkeit.

Nicht umgesetzt werden mehr Ankreuzaufgaben, da die Komplexität im Beruf hierdurch nur schwer abprüfbar ist. Auch die spielerische Vermittlung der Fachinhalte ist in dieser Arbeit abgelehnt worden (vgl. Fidelity-Prinzip in Abschnitt 5.2.4). Die Theorielastigkeit in der Ausbildungssoftware ist eine direkte Folge aus der möglichst nahen Anlehnung an die Richtlinien. Dies ist also nur in bestimmten Grenzen änderbar. Die gewünschte andere Schriftart kann über die System- oder Browsereinstellungen eingestellt werden (vgl. Abschnitt 6.3.1). Eine Äußerung weist auf die gelungene Umsetzung der Elaborationen. Das Problem des nicht ständig sichtbaren Lernmodulmenüs fiel bereits in den beiden expertenzentrierten Untersuchungen auf. Dies wird in Version 9 der Ausbildungssoftware behoben.

Die Diskussionen im Rahmen der Partnerarbeit waren sehr ergiebig. Dies erscheint in der Berufsschule als eine adäquate Alternative zum Lauten Denken. In Abschnitt 6.2.7 wurde deutlich, dass die Lerner die Arbeit mit der Ausbildungssoftware zu leicht nehmen, denn sie nahmen sich viel weniger Zeit zum Durcharbeiten der Fachinhalte. Auch die Selbstkontrolle und die eigene Verantwortlichkeit sind noch nicht weit genug ausgereift, denn das reine Abschreiben von Lernmoduleseiten des Nachbarrechners verfehlt seinen Zweck hinsichtlich des Lernens während der Übung. Die Lerner zeigten auch nach der Lernphase mit der Ausbildungssoftware Defizite. Sie hatten darum gebeten, die Fachinhalte in dem regulären Unterricht nachzubearbeiten. Eine nochmalige Bearbeitung der Fachinhalte mit der Ausbildungssoftware war nicht erwünscht. Das Ergebnis der nachträglichen Leistungskontrolle (vgl. Tabelle 6.14) zu dem Thema *außergewöhnliche Beförderung* kann daher nicht nur der Ausbildungssoftware zugeschrieben werden.

Tabelle 6.14: Leistungskontrolle zu der *außergewöhnlichen Beförderung*: Es liegt der IHK-Notenschlüssel mit kaufmännischer Rundung zugrunde. Die Noten 5 und 6 traten nicht auf.

<i>Note</i>	<i>Prozent</i>	<i>Anzahl</i>
1	92-100	5
2	81-91	8
3	67-80	1
4	50-66	1

6.3.5 Zufriedenheit der Lerner mit der Gesamtstruktur

Die Lerner empfanden das Folgende an der Ausbildungssoftware positiv (leicht abgeändert):

- den Ablauf der einzelnen Lernmodule,
- den logischen und konsistenten Aufbau der einzelnen Lernmodule,
- die einfache und klare Struktur,
- die Übersichtlichkeit,
- dass alles nachschaubar ist,
- die einfache Bedienbarkeit,
- die verständliche Verlinkung,
- die einfache Navigation,
- den direkten Zugriff auf die Richtlinien,
- das Layout und die Aufmachung der Themen,
- die Übungen und Tests,
- die Streckenbänder und Bahnhoßpläne (Inhalt und Verlinkung) sowie
- das Unterstützungswissen.

Die Lerner formulierten folgende Verbesserungswünsche für die Ausbildungssoftware (Version 9) (leicht abgeändert).

- Das Lernmodulmenü soll verkleinert werden.
- Die Standardlösung soll die Lösung konkreter angeben.
- Die Items sollen einfacher formuliert werden.
- Es soll mehr Ankreuzaufgaben bzw. weniger offene Items geben.
- Ein Klick auf *Zurück* soll nicht auf die erste Lern-Contentseite verzweigen.
- Ein animierter Stellwertisch soll eingefügt werden.
- Die Software soll als ausführbare EXE-Datei umgesetzt werden.
- Die Bedienung soll erleichtert werden (kein Scrollen).

Während der Bearbeitung des Lernmodules nahm der Untersuchungsleiter folgende Äußerungen, Wünsche oder Diskussionen (leicht abgeändert) der Lerner wahr.

Partnergruppe 1

- Seite 4/8: Das Lernmodulmenü ist zu groß. Es verdeckt die sichtbare Oberfläche zu stark.
- Seite 7/8: Es fand eine fachlich sehr intensive Diskussion über die Fahrwegprüfung anhand des Bahnhofsplanes statt.
- Seite 8/8, Nr. 6: Es fehlt eine konkretere Lösungsangabe.
- Abschließend: Die Software soll nicht alleinstehend als Selbstlernmedium eingesetzt werden.

Partnergruppe 2 Der direkte Zugriff auf die Richtlinie Ril 301 ist angenehm.

Partnergruppe 3

- Seite 4/8: Die Reihenfolge bei der Fahrstraßenbildung ist falsch: Die Weichen laufen um. → Die Weichen werden verschlossen. → Die Fahrstraße wird festgelegt. → Das Hauptsignal geht auf Fahrt.
- Die Items mit einem Streckenband sind gut.
- Seite 7/8: Bei *Fahrtstellung des Hauptsignals* befindet sich ein Schreibfehler.
- Seite 7/8, Nr. 2: Die Lösungshinweise irritieren.
- Seite 8/8: Ein Lerner gibt einen freudigen Ausruf von sich.

Partnergruppe 4 (drei Partner) Seite 3/8: Auf den Text zur eingleisigen Strecke reagierten die Lerner mit verwundertem Lachen.

Partnergruppen 5 bis 6 Es gab keine Äußerungen, Wünsche oder Diskussionen.

Partnergruppe 7 Seite 4/8: Das Fenster mit den Pop-Up-Informationen sollte nicht gescrollt werden müssen. Die Größe sollte angepasst werden.

Bei der Beobachtung der Lerner fiel das Folgende auf.

- Die Partnergruppe 3 hat die Kernhinweise angehört.
- Anstatt die Arbeitsaufträge im Lernteil von Seite 2/8 durchzuführen, hat Partnergruppe 4 den entsprechenden Text nur angehört.
- Die Partnergruppe 4 hat das Streckenband in einem separaten Fenster geöffnet und die Fenstergröße maximiert.
- Die Partnergruppe 4 hat zuerst die Lösungsbuttons angeklickt und danach die Standardlösungen auf Richtigkeit überprüft.

- Die Übungsaufgabe mit dem Streckenband kommt bei Partnergruppe 5 gut an und wird von Partnergruppe 6 intensiv bearbeitet.
- Die Partnergruppe 7 hat die Hauptfenstergröße verkleinert.
- Der Partnergruppe 7 ist nicht bekannt, dass mit einem Rechtsklick ein neues Browserfenster geöffnet werden kann. Dadurch entstanden Probleme bei der Bearbeitung der Aufgabe mit dem Streckenband auf Seite 2/8 (Umschalten zwischen den Fenstern).
- Die Schüler erkennen nicht, dass Weiche 2 (Seite 7/8, Nr. 2) keinen Flankenschutz bietet.

Beim Umblättern auf andere Seiten bzw. Nachschlagen sind alle bisher eingetragenen Übungs- oder Testergebnisse gelöscht worden. Daher waren nur folgende Testergebnisse ermittelbar:

- Partnergruppe 3: 56%
- Partnergruppe 4: 60%
- Partnergruppe 7: 60%

Der Fragebogen WAMMI wurde mit insgesamt 20 Fragen auf einer fünfstufigen Skala (1: falsch, 5: richtig) entsprechend der Dateien 131017_1_Vergleichstest.pdf und 131024_1_Nutzer-Gesamtbewertung.pdf (vgl. Anhang G) beantwortet. Abbildung 6.1 gibt einen Überblick zu den Antworten der Lerner.

Die Ergebnisse zu dem Fragebogen ISONORM 9241/10 (vgl. Dateien 131017_1_Vergleichstest.pdf und 131024_1_Nutzer-Gesamtbewertung.pdf, Anhang G) zeigt die Tabelle 6.15.

Interpretation

Aufgrund des proprietären und nicht öffentlichen Auswertungsalgorithmus ist der Fragebogen WAMMI in dieser Arbeit nicht extern ausgewertet worden. In Abbildung 6.1 zeigt die eigene Auswertung der Wammi-Daten, dass die Lerner mit Ausnahme der Kontaktaufnahmemöglichkeit die Ausbildungssoftware akzeptieren und positiv einschätzen. Die Lerner scheinen alternative Kontaktaufnahmen parallel zu dem Angebot in der Ausbildungssoftware nicht zu sehen. Um dies zu beheben, sollte ein Hinweis auf individuelle Alternativen in der Ausbildungssoftware aufgenommen werden.

Die Ergebnisse des Fragebogens ISONORM 9241/10 zeigen ein fast analoges Bild. Alle Mediane in der Tabelle 6.15 liegen über 3,5 und die Quartile befinden sich mit Ausnahme der Lernförderlichkeit symmetrisch ± 1 um den

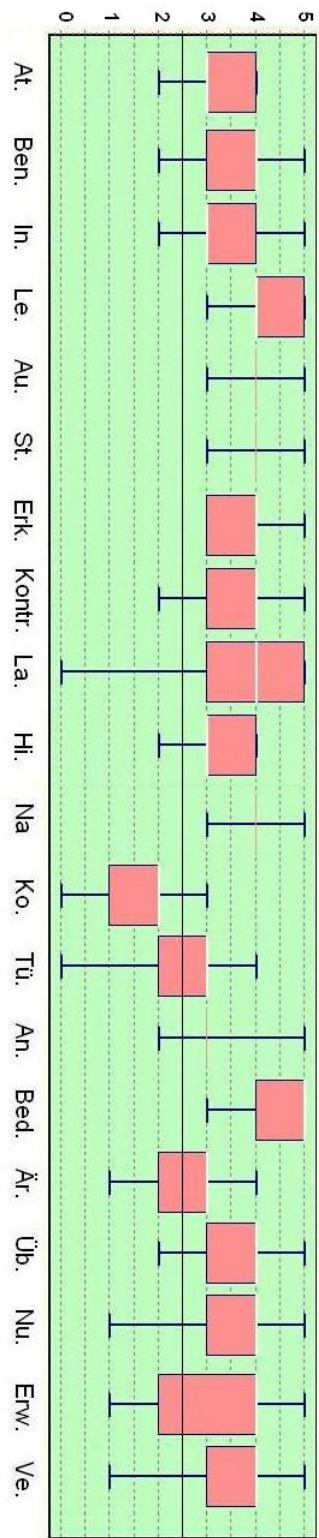


Abbildung 6.1: Ergebnisse zu dem fünfstufigen Fragebogen WAMMI: Boxplots mit Quartilen, Median und Schwankung zu Ergebnissen der Befragung von 15 Lernern: Attraktivität At. und Benutzungsfreude Ben. bzw. Interessant In., leichte Bewegbarkeit Le., schnelle Auffindbarkeit Au., logische Strukturierung St., ausreichende Erklärungen Erk., Kontrollgefühl Kontr., keine Langsamkeit La., gute Hilfen Hi., Navigierbarkeit Na., Kontaktmöglichkeit Ko., Tüchtigkeitstgefühl Tü., gutes Angebot An., leichte Bedienbarkeit Bed., Ärgertfreiheit Är., Überblick Üb., Nutzen Nu., Erwartungserfüllung Erw. und Verständlichkeit Ve. (vgl. Dateien 131017_1_Vergleichstest.pdf und 131024_1_Nutzer-Gesamtbewertung.pdf). Zu drei Aussagen (La., Ko. und Tü.) sind jeweils nur 14 Einschätzungen angegeben worden. Die Aussage „Auf der Webseite kann ich leicht Kontakt zu gewünschten Personen aufnehmen“, ist eher mit *Falsch* beantwortet worden. Alle anderen Mediane liegen über der 2,5-Markie, wodurch die Ausbildungssoftware in allen anderen Aussagen von den Lernern eher positiv bewertet wurde.

Tabelle 6.15: Ergebnisse zu dem Fragebogen ISONORM 9241/10:

Auf der siebenstufigen Skala liegen die Mediane (M) der Lernerantworten zu den insgesamt 525 gestellten Fragen (15 Lerner mit je fünf Fragen je sieben Kategorien) stets über 3,5. Die Quartile liegen trotz starker Schwankung (S) nahe beieinander. Von jeweils 75 Einschätzungen fehlten in der Kategorie Selbstbeschreibungsfähigkeit vier, bei der Steuerbarkeit eine, bei der Fehlertoleranz sieben und bei der Individualisierbarkeit sowie der Lernförderlichkeit jeweils drei.

<i>Kategorie</i>	<i>M</i>	$\frac{1}{4}$ - <i>Quartil</i>	$\frac{3}{4}$ - <i>Quartil</i>	<i>S</i>
Aufgabenangemessenheit	5	4	6	[2; 7]
Selbstbeschreibungsfähigkeit	5	4	6	[2; 7]
Steuerbarkeit	5	4	6	[1; 7]
Erwartungskonformität	5	4	6	[1; 7]
Fehlertoleranz	4	3	5	[1; 7]
Individualisierbarkeit	4	3	5	[1; 7]
Lernförderlichkeit	4	4	6	[1; 7]
Alle	5	4	6	[1; 7]

Median. Die Fehlertoleranz, die Individualisierbarkeit und die Lernförderlichkeit (Median: 4) könnten verbessert werden. Insgesamt hat die Ausbildungssoftware im Rahmen des Hauptzweckes (vgl. Abschnitt 5.1) eine gute Usability (Median aller Kategorien: 5).

Die Beobachtungsmethode erwies sich im Gegensatz zum Lauten Denken als umsetzbar. Die Aufgaben wurden mit dem Partner sehr intensiv diskutiert. Neben dem Aufbau der Lernmodule gefallen den Lernern an der Ausbildungssoftware die Übersichtlichkeit, die klare Struktur, die einfache Bedienbarkeit, die Hilfen und vor allem die Einbindung von Streckenbändern. Die Audio-Angebote (auch bei den zusammenfassenden Kernhinweisen) werden genutzt. Die folgenden Verbesserungswünsche der Lerner werden in der zukünftigen Version 10 der Ausbildungssoftware umgesetzt.

- Die Pop-Up-Fenster sollen nicht scrollbar sein.
- Das Lernmodulmenü soll verkleinert werden. Hierzu könnten die Menüpfeile reduziert werden und der Schriftzug darauf entfallen. Ferner soll das aktuell zweizeilige Lernmodulmenü möglichst in einer Zeile untergebracht werden.
- Die Standardlösungen der Items sollen bezüglich der Verständlichkeit überarbeitet werden.
- Rechtschreib- und fachliche Fehler sind zu verbessern.

Da einzelne Lerner Probleme bei der Fensterbedienung hatten, sollte hierfür wie für das selbstregulierte Lernen eine einführende Hilfe ergänzt werden. Das

besondere Arbeitsverhalten einer Partnergruppe legt nahe, die Standardlösung zu den Items nicht zu detailliert anzugeben, um das eigene Erarbeiten der Lösungen zu erwirken. Daher wird die Forderung nach detaillierteren Standardlösungen ebensowenig umgesetzt wie die nach mehr Ankreuzaufgaben (vgl. Abschnitt 6.3.4), die Linkänderung des Pfeiles *Zurück*, die Animation eines Stelltisches (vgl. Abschnitt 5.3.4) und die Ausbildungssoftware als ausführbare Datei (vgl. *Technik* in Abschnitt 5.1.1).

Die schlechten prozentualen Leistungsergebnisse von etwa 60 % zeigen im Vergleich zu Tabelle 6.14, dass beim selbstregulierten Lernen mit der Ausbildungssoftware nicht die notwendige Sorgfalt und Genauigkeit erbracht wird. Die Schüler bearbeiteten die Lerninhalte zu kurz. Im normalen Unterricht wird für diese Stoffmenge inklusive der Test- und Übungsaufgaben etwa die doppelte Zeit benötigt. Bei der Nachbesprechung der Testaufgaben kamen viele fachliche Defizite zu Tage. Dass die Defizite auch noch nach dieser Besprechung vorlagen, zeigt auch der Wunsch der Klasse, die Inhalte am Folgetag ohne Software zu wiederholen. Dass viele Schüler die Lerninhalte aus der Software erst nachträglich und nach Aufforderung ausgedruckt haben, weist auf das ungewohnte Arbeiten mit der Ausbildungssoftware hin. Dieses Arbeiten sollte also offenbar auch bei guten EDV-Kenntnissen und durchschnittlichen Erfahrungen mit Lernsoftware (vgl. Tabelle 6.5) eingeübt werden. Möglich ist allerdings auch, dass sich die Schüler bzgl. deren Erfahrungen mit dem Internet bzw. einer Lernsoftware überschätzt haben. Dies tritt insbesondere in der berufsschulischen Erstausbildung in vielen Berufen auch im Regelunterricht auf.

Dadurch dass die Schüler vor der Leistungsarbeit den vermittelten Stoff nochmals durchsprechen wollten, ist die Aussagekraft des Leistungsnachweises für die Ausbildungssoftware allein nicht verwertbar. Wie in Abschnitt 6.3.4 bestätigt sich einer der Hauptzwecke der Ausbildungssoftware als unterstützendes Medium zur Vermittlung von Fachinhalten durch die Lerner (verbal und durch ihre Leistungserbringung): „Keine Fachinhaltvermittlung nur durch die Ausbildungssoftware!“

6.4 Gesamtergebnis der Usability-Untersuchung

Das Kernteam der vier Ausbildungsexperten konnte trotz individuell unterschiedlicher Korrekturschwerpunkte in der heuristischen Evaluation neben der Rechtschreibung, Grammatik und fachlichen Richtigkeit vor allem die Nutzersprache, die kognitive Belastung, die Konsistenz und die Fehlervermeidung auf einzelnen Lernmoduleseiten untersuchen. In zwei Durchgängen zeigten sich insgesamt gute Ergebnisse. Durchschnittlich wurde auf jeder untersuchten Lernmoduleseite ein Usability-Problem, auf jeder zweiten Lernmoduleseite ein fachlicher Fehler und auf etwa jeder fünften Lernmoduleseite ein Rechtschreib- oder Grammatikfehler bzw. eine Stelle mit der Gefahr von zu

hoher kognitiver Belastung gefunden. Die identifizierten Usability-Probleme zeigen insgesamt eine niedrige Priorität, wodurch die Usability der Ausbildungssoftware in den Versionen 7 bis 9 bereits als gut einzuschätzen ist.

Die Learnability konnte als Unterbereich der Usability z. T. in den Bereichen Inhalt, Adaption, Technologie, Interaktivität, Unterstützung, Kommunikation, Wissenserwerb, Projekte und Kontrolle von fünf Ausbildungsexperten global untersucht werden. Neben einigen Learnability-Problemen auf Prioritätsstufe 1 sind auch drei auf der Stufe 3 identifiziert worden (Skala: [1; 5]). Beim Vergleich der beiden Untersuchungsmethoden tritt besonders deutlich zutage, dass die globale Untersuchung zwar schnell zu einer Bewertung der Usability führt, jedoch keine gute Grundlage zur Verbesserung der Usability darstellt. Vergleichbare Ergebnisse liegen bezüglich der durchschnittlichen Prioritätsstufe der Usability-Probleme über die gesamte Ausbildungssoftware vor. Konkrete Usability- bzw. Learnability-Probleme (mit Prioritätsstufe) haben sich nur durch die Einzelseitenbewertung der heuristischen Untersuchung ergeben. Alle gefundenen Probleme wurden in den Versionen 7 bis 9 beseitigt. Insbesondere sind die Empfehlungen zur Layoutgestaltung in die Versionen 8.1 bis 8.3 als Grundlage für die Vergleichsuntersuchung eingeflossen.

Vor der lernerzentrierten Usability-Untersuchung bestätigten 12 von 15 Lernern einen guten Umgang mit Computern, zeigten aber auch Defizite bei Web-Lernsoftware. Die Partnerarbeit und situative Hilfen konnte einige Defizite abmildern. Die Bedienung der Ausbildungssoftware fiel den Lernern eigenen Angaben zufolge nach kurzer Zeit sehr leicht, jedoch zeigte die Realität, dass viele die Arbeit mit der Web-Lernsoftware nicht gewohnt sind. An den lernerzentrierten Untersuchungen nahmen stets 15 Lerner teil, wodurch die Ergebnisse objektiver (Äquivalenz) und reliabel werden. Deutlich entschieden sich die Lerner für das Layout in der Version 8.1 der Ausbildungssoftware. In der summativen Gesamtbewertung schätzten die Lerner die Usability der Ausbildungssoftware mit den Fragebogen WAMMI und ISONORM 9241/10 grundsätzlich gut ein. Verbessert ist v. a. die Kontaktmöglichkeit (Fragebogen WAMMI, Variable Ko. in der Abbildung 6.1), die z. B. durch einen Hinweis auf alternative Individualsoftware in der Ausbildungssoftware zu bereinigen ist.

Aus dem Lauten Denken resultierten nur die besonders aktiven Lauten Denker. Ansonsten war die Methode entgegen der Aussage von Larusdotir (n. d., S. 431), „... the think-aloud method is the most effective method ...“, nicht umsetzbar. Stattdessen waren Beobachtungen bezüglich der Äußerungen und des besonderen Verhaltens der Lerner und direkte Wünsche sehr aufschlussreich und ergiebig. Besonders positiv wurden die Elaborationen, die Streckenbänder, die Übersichtlichkeit, die klare Struktur, die einfache Bedienbarkeit und die Hilfen der Ausbildungssoftware empfunden. Alle Audio-Angebote wurden verwendet.

Die Lerner nutzen die Ausbildungssoftware manchmal nicht wie geplant.

Zum Lösen von Items wird auch der Nachbarrechner als Grundlage für den Response verwendet oder die Standardlösungen werden – wie auch Merrill (n. d. a., S. 322) berichtet – angeklickt und nur durchgelesen oder ggf. überprüft. Die Lerner nehmen sich zum Durcharbeiten von Lerninhalten in der Ausbildungssoftware nur etwa halb so viel Zeit wie es für einen Regelunterricht ohne Ausbildungssoftware nötig wäre. Nach dem Durcharbeiten sind sie sich der Defizite bewusst, was auch an den Übungs- und Testaufgaben liegen könnte. Ein Wiederholen der Fachinhalte mit der Ausbildungssoftware war unerwünscht, obwohl im Regelunterricht ohne Ausbildungssoftware keine anderen Fachinhalte vermittelt werden. Die unterschiedlichen Leistungsergebnisse der Testaufgaben (ca. 60 % bzw. Note 4 nach IHK-Notenschlüssel) bzw. der unangemeldeten Leistungsarbeit nach der Wiederholung mit dem Ausbildungsexperten (Durchschnittsnote 2) können keiner Einzelursache allein zugesprochen werden. Das schlechtere Abschneiden ist z. B. mit dem zu schnellen Durcharbeiten der Lernmodulinhalte aufgrund einer Selbstüberschätzung oder Motivationseinbrüchen bzw. Ermüdungserscheinungen (Haasler et al., n. d., S. 114) erklärbar. Als besonders wichtig stellte sich diesbezüglich der Hauptzweck der Ausbildungssoftware heraus. Auch Prenzel, Kramer und Drechsel (n. d., S. 58) fordern, dass der Ausbildungsexperte das gesamte Unterrichtsgeschehen im Blick haben muss. Die Lerner zeigten diesen Wunsch nach Lenkung durch ihre Leistungserbringung und verbal: „Keine Fachinhaltsvermittlung nur durch die Ausbildungssoftware!“

In Version 10 der Ausbildungssoftware sollten zusätzlich folgende noch nicht umgesetzten Änderungen realisiert werden.

- Es sollte auf die individuellen Kommunikationsmöglichkeiten außerhalb der Ausbildungssoftware hingewiesen werden.
- Das Lernmodulmenü soll verkleinert und einzeilig umgesetzt werden.
- Die Standardlösungen zu den Items sollten auf Verständlichkeit geprüft werden.
- Auf sonstige Usability-Probleme ist stets zu achten, denn die Ausbildungsexperten haben nur eine Stichprobe von Lernmodulseiten überprüft.
- Initial sollte im Ausbildungskurs eine kurze Hilfe zur Fenstertechnik und Browserbedienung integriert werden.

Nicht vom Entwickler beeinflussbare Probleme wie etwa die Schriftgröße bleiben bestehen.

Die Usability-Untersuchung ist insgesamt erfolgreich durchgeführt worden.

Kapitel 7

Beiträge zu einem Kompetenzmodell

Dieses Kapitel fasst die hauptsächlichen Ergebnisse dieser Arbeit konzentriert zusammen und vergleicht diese mit den angestrebten Zielen. Abschnitt 7.1 wägt die Ergebnisse zu dem ermittelten Ausbildungsrahmen ab, während Abschnitt 7.2 die Überarbeitung der Fachinhalte und der Handlungsfelder sowie die Entwicklung der Basisitems und des vorbereiteten Fachkompetenzmodells fokussiert. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 7.3 die Ausbildungssoftware bezüglich der Entwicklung und Usability-Untersuchung betrachtet. Dieses Kapitel abschließend werden in Abschnitt 7.4 alle angestrebten Teilergebnisse insgesamt in den Blick genommen.

7.1 Ermittelter Ausbildungsrahmen

Die EiB/F-Ausbildung bereitet auf eine sicherheitsrelevante Tätigkeit vor, wobei die Ausbildungszahlen gering sind. Besondere Anforderungen an Fachkräfte und Auszubildende sind eine hohe Selbstständigkeit, ein hohes Verantwortungsgefühl und Disziplin. Kernziel der EiB/F-Ausbildung ist das exakte Einhalten der Richtlinien im Regelbetrieb und bei Unregelmäßigkeiten. Fachlich bildet das hierarchisch abhängige Wissen eine chronologische Leitlinie in der Ausbildung und darüber hinaus: Grundlagenwissen → Regelbetrieb durchführen → richtige Reaktion auf Unregelmäßigkeiten gemäß Richtlinien → richtige Reaktion auf Unregelmäßigkeiten (außerhalb der Richtlinien). Eine Abgrenzung des Berufsbildes zu anderen Berufen oder Tätigkeiten ist nicht eindeutig.

Ausbildungsexperten müssen fachlich besonders gut informiert sein. Eine Einarbeitung als zukünftiger Ausbildungsexperte ist langwierig und Experten sind rar.

Die IHK-Prüfungen für EiB/F sollten strukturell und inhaltlich überarbeitet werden.

Vergleich der Ergebnisse mit den angestrebten Zielen

Durch das erste Expertentreffen konnten insbesondere die fachlichen Kernanforderungen an EiB/F und an Ausbildungsexperten sowie der Ausbildungsrahmen zukunftsbezogen ermittelt werden und so eine Grundlage für die nachfolgenden Arbeitsschritte in dieser Arbeit geschaffen werden. Eine klare Abgrenzung des Berufsbildes hingegen existiert nicht.

7.2 Fachinhalte und Fachkompetenzmodell

In dieser Arbeit wurden der rechtliche Ausbildungsrahmen überarbeitet sowie ein diagnostisches Kompetenzmodell im Rahmen von modifizierten (vorab ermittelte inhaltliche und strukturelle Änderungswünsche, vorbereitete Fachinhalte, Handlungsfelder und Basisitems als Grundlagen sowie notwendige Ausbildungsexperten anstatt Fachpersonen) und erweiterten (Eigenschaften von Fachinhalten und Basisitems sowie ein Kompetenzmodell) DACUM-Workshops vorbereitet.

Aufbauend auf dem rechtlichen Ausbildungsrahmen sind Fachinhalte und Handlungsfelder mit aktuellem Bezug und zukunftsbezogen stärker an der Berufspraxis orientiert und in Anlehnung an die Richtlinien strukturiert sowie detailliert dokumentiert und zu jedem Fachinhalt mindestens je ein Basisitem zur Ableitung von Items entwickelt, geprüft und klassifiziert worden. 14 % der Basisitems (z. T. auch wenig komplexe) sind vermutlich stochastisch abhängig und müssen bei der empirischen Überprüfung besonders beachtet werden. Die Fachinhalte sind nach Schwerpunkten entsprechend der Fachrichtungen unterschieden worden. Bei der Ableitung der Items von den Basisitems sind die erkannten Basisitemschwächen zu berücksichtigen (vgl. Datei Ergebnis6_120608_Basisitems_weitereEigenschaften.pdf, Anhang G). Insbesondere sind kurze Items und solche für die Niveaustufen I und IV von den Basisitems abzuleiten. Die Fachinhalte im Regelbetrieb sind entsprechend ihrer Praxisbedeutung gewichtet umgesetzt. Indem das hierarchisch abhängige Wissen bzw. Fertigkeiten konsequenter in den Handlungsfeldern und Fachinhalten berücksichtigt werden, muss die Zwischenprüfung inhaltlich und ggf. auch bezüglich des Zeitpunktes geändert werden.

Nur im dritten Ausbildungsjahr werden sehr hoch komplexe Fachinhalte vermittelt. Dies resultiert aus einer Analogiebetrachtung der berechneten Fachinhaltskomplexität bei gleichgewichteter Zählung mit der durch Ausbildungsexperten eingeschätzten Basisitemkomplexität. Die Variation durch die Ansätze P, DP und BDP ergab gleiche Ergebnisse. Das zweite Ausbildungsjahr beinhaltet noch zu ca. 80 % Fachinhalte sehr geringer Komplexität, zeigt jedoch auch den Übergang von der sehr einfachen Komplexität des ersten Ausbildungsjahres zu der sehr hohen des dritten Ausbildungsjahres. Insgesamt bildet die Grundstufe einen zusammengehörigen Block. Aufgrund der starken Vernetzung und vieler Parameter wurde keine Sen-

sitivitätsanalyse bezüglich der Gewichtung bei der Komplexitätsberechnung durchgeführt. Eine Analyse von blockweiser Komplexität (z. B. entsprechend der Handlungsfelder oder der Ausbildungsjahre) ist problematisch, da Abhängigkeiten innerhalb der Blöcke, Teil- und Ringabhängigkeiten vorliegen. Die Ausbildung insgesamt hat eine mittlere Komplexität. Zwischenprüfungsergebnisse dienen nicht als Prädiktor für Abschlussprüfungsnoten und dürfen in diesem Ausbildungsberuf kein Basismaßstab für Ausbildungsverkürzungen sein. Diese Verkürzungen dürften sich in den meisten Fällen unvorhersehbar und unerwartet negativ auf die Ergebnisse in den Abschlussprüfungen auswirken. Die Fachinhalte beinhalten keine Tätigkeiten wie bei einer Massenfertigung, sind überwiegend nicht-rekurrierend und der prozedurale Anteil nimmt mit fortschreitenden Ausbildungsjahren bis auf 95 % zu. Zukünftige Ausbildungsexperten sollten sich unbedingt Unterstützungs- und Strategiewissen bzw. Expertenregeln aneignen.

Vorbehaltlich der empirischen Überprüfung resultieren aus dieser Arbeit die notwendigen Kompetenzen für EiB/F und ein Fachkompetenzmodell. Das Fachkompetenzmodell ist a priori dreidimensional aufgespannt (Handlungsdimension: sechs kognitive Prozessdimensionen; Anforderungsdimension: vier domänenübergreifende Kompetenzniveaustufen; Fachinhaltsdimension). Die Fachinhaltsdimension ist a priori in zwei Subebenen unterteilt. Die erste Subebene ist domänenübergreifend angelehnt und zweidimensional in *Fachwissen* sowie *fachspezifische Problemlösefähigkeit* unterteilt worden (vgl. Abbildung 7.1). Diese unterteilten die Ausbildungsexperten nach dem Unabhängigkeitskriterium auf der zweiten Subebene jeweils zweidimensional in *Technik Stellwerk* und *Technik Bahnhof* bzw. *Regelbetrieb* und *Unregelmäßigkeiten* (vgl. Abbildung 7.2). Bei Mehrdimensionalität in der Fachinhaltsdimension vermuten die Ausbildungsexperten, dass diese Dimensionen nicht-kompensatorisch sind. Die empirische Überprüfung des gesamten Kompetenzmodells und der Basisitems bzw. abgeleiteter Items sollte möglichst an allen EiB/F-Berufsschulstandorten in Deutschland durchgeführt werden, wofür eine frühzeitige Abstimmung mit allen Kultusministerien notwendig ist.

Vergleich der Ergebnisse mit den angestrebten Zielen

Die fachlichen Ausbildungsinhalte sind umfassend, gut strukturiert, praxisnah, mit aktuellem Bezug und zukunftsbezogen sowie theoretisch fundiert überarbeitet worden. Notwendige Fachkompetenzen sind analysiert, darauf basierend a priori ein Fachkompetenzmodell zur empirischen Überprüfung entwickelt und Basisitems gebildet und klassifiziert worden.

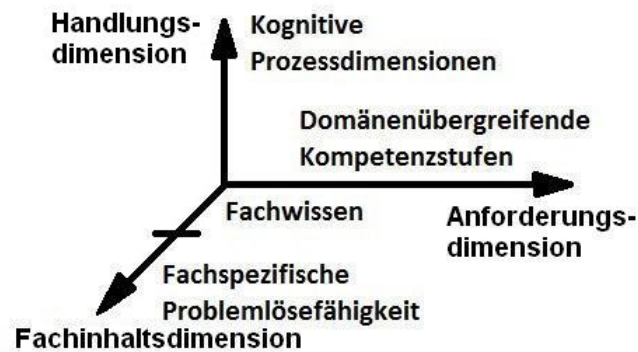


Abbildung 7.1: Kompetenzstrukturmodell der 1. Subebene:

Die Abbildung zeigt das dreidimensionale Fachkompetenzmodell auf der 1. Subebene (vgl. die Darstellung bei Venus-Wagner, Weiglhofer und Zumbach, n. d., S. 192; Viering, Fischer und Neumann, n. d., S. 94; Hopf, 2011, S. 6-10; Walpuski et al., n. d., S. 177; leicht abgewandelt).

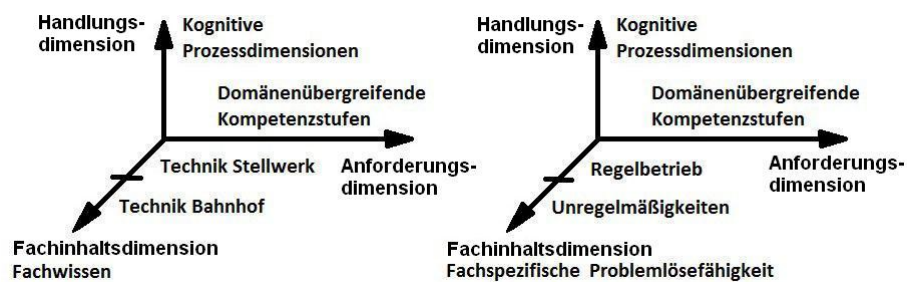


Abbildung 7.2: Kompetenzstrukturmodell der 2. Subebene:

Die Abbildung zeigt die dreidimensionalen Fachkompetenz-Teilmodelle auf der 2. Subebene. Links ist das Fachwissen, rechts die fachspezifische Problemlösefähigkeit untergliedert (vgl. die Darstellung bei Venus-Wagner, Weiglhofer und Zumbach, n. d., S. 192; Viering, Fischer und Neumann, n. d., S. 94; Hopf, 2011, S. 6-10; Walpuski et al., n. d., S. 177; leicht abgewandelt).

7.3 Ausbildungssoftware

Hintereinander werden im Schwerpunkt die entwickelte Ausbildungssoftware, die Usability-Untersuchung und der Vergleich mit den angestrebten Zielen beschrieben.

Entwickelte Ausbildungssoftware

Die Entwicklung der acht Handlungsfelder mit 117 Fachinhalten und 209 Basisitems ist sowohl ein Beitrag zur curricularen Entwicklung als auch zu der empirischen Überprüfung des Fachkompetenzmodells. Die Ausbildungssoftware mit über 550 Webseiten bzw. über 850 Dateien in Version 7 basiert auf den überarbeiteten Fachinhalten, kann von Basisitems abgeleitete Items aufnehmen und dient als mögliches Medium zur empirischen Überprüfung der Items und des Fachkompetenzmodells. Zudem ist die Ausbildungssoftware für EiB/F ein Beitrag zu der Fachdidaktik. Sie bietet in der Version 7 einen guten Überblick und ermöglicht einen leichten bzw. zügigen Einstieg für Novizen A und B, indem sie erstmalig fachlich umfassende und theoretisch fundierte Fachinhalte und Handlungsfelder auf der Basis der Überarbeitungen und der Ergebnisse der Kapitel 3 und 4 abbildet. Indem sich die Ausbildungssoftware eng an die Richtlinien anlehnt und praxisbezogene Situationen behandelt, einübt und prüft, ist eine Grundlage für exaktes, zügiges und sicheres Handeln nach den Richtlinien gegeben. Vorbehaltlich der empirischen Effektivitätsüberprüfung bezüglich der Ausbildungssoftware erfüllt diese ihren Hauptzweck nach Abschnitt 5.1. Novizen A können – fast linear durch die Ausbildungssoftware gelenkt – die Fachinhalte erarbeiten (sequenzielle Freischaltung von Lernmodulen) und Novizen B mit wahlfreiem Zugriff aktiv lernend zu Ausbildungsexperten werden.

Indem sich die Komplexität in der Grundstufe grundsätzlich von dem 3. Ausbildungsjahr unterscheidet, ist die Ausbildungssoftware mit zwei Ansätzen zum Instruktionsdesign konzipiert: dem DO-ID-Modell in der Grundstufe und dem Modell 4C/ID im dritten Ausbildungsjahr. Die Version 7 läuft betriebssystemunabhängig. Die Version 9 zeigt exemplarisch die Dynamisierung, das Multimediadesign und einige Items. Eine Implementierung als datenbankgestützte Serverversion mit CGI-Zugriff ist leicht umsetzbar. Die Lernmodule sind auf der Grundlage theoretischer Modelle und effektiver Instruktionsprinzipien entwickelt worden, wobei viele Kompromisse einzugehen waren (z. B. minimale Lernmodullänge und minimale Lernmodulanzahl bei vollständigen Fachinhalten). Neben dem Content ist ein Multimedia-, Motivations-, Interaktionsdesign (mit Lernerunterstützung) und technisches Konzept didaktisch-pädagogisch entwickelt und angewandt worden. Die Linearisierung der vernetzten Lerninhalte und die Sequenzierung wurden regelgeleitet und nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens in der Praxis umgesetzt. Hierzu wurden insbesondere nicht zuzuordnende Fachinhalte als

integrierte Blöcke gebildet und Lernmodulen zugeordnet. Die Ausbildungssoftware enthält sehr viel Text, weil die Richtlinien exakt anzuwenden sind. Dadurch sind die Effektivität und die Usability bzw. Learnability vermutlich verringert. Realistische Stellwerksimulationen sind in der Ausbildungssoftware nicht integriert. Im dritten Ausbildungsjahr werden die Themen *Maßnahmen bei Gefahr*, *Befehle* und *Räumungsprüfung* zu einer automatisierten Handlung trainiert. Durch die Darstellung als Webseiten ist vieles (z.B. die Schriftart, die Schriftgröße, die Fenstergröße, die Auflösung und das Farbschema) nachträglich veränderbar und damit vom Entwickler kaum beeinflussbar. Diese Veränderungen dürften sich v. a. negativ auf die Motivation und die Lerneffektivität bzw. -effizienz auswirken. Nach dem Audiodesign der Ausbildungssoftware treten nur Sprechtexte eines professionellen Sprechers und realistische Soundeffekte des Stellwerks auf. Unüblich ist, dass in der Grundstufe auch längere zusammenfassende Texte zum Repetieren auditiv abspielbar sind. Bei den Animationen sind keine animierten Translationen (Zug oder Rangierfahrten) oder eine Stellwerksimulation umgesetzt, damit die Entscheidungssituation realistisch dargestellt wird. Im Rahmen der Interaktivität und Adaptivität beeinflussen bearbeitete Testitems bzw. Fälle in offenem und geschlossenem Format sowohl die Einstufung des Leistungsniveaus als auch die dreistufige Intensität der Lernerunterstützung. Die Ausbildungssoftware ist interaktiv und mikroadaptiv bzw. tendenziell adaptiv. Dem Lerner stehen mehrere Hilfen zur Verfügung. Die Entwicklung dynamischer Items zur Laufzeit ist aufgrund der Komplexität der Items aktuell nicht möglich. Die Bildung von Basisitems etwa gleicher Schwierigkeit innerhalb einer Aufgabenklasse bei steigender Schwierigkeit nachfolgender Aufgabenklassen war nicht durchgängig umsetzbar, weil sich betrieblich ähnliche Situationen mathematisch chaotisch verhalten. Gelöst wurde dies, indem ein Lernmodul ggf. mehrere Aufgabenklassen enthält (vgl. Abschnitt 5.2.2). Die Leistungsbeurteilung und -bewertung erfolgt regelbasiert. Das Feedback ist ohne Fehlerdiagnostik umgesetzt.

Usability-Untersuchung

Die Ausbildungssoftware wurde während der Entwicklungszeit durch vier bis sieben Ausbildungsexperten und zusätzlich summativ von 15 Lernern bewertet. Hierdurch wurde einerseits der aktuelle Stand ermittelt, als auch Verbesserungspotenziale aufgedeckt. Ausbildungsexperten führten eine heuristische Evaluation zur Usability (Heuristiken und fünfstufige Skala nach Nielsen) durch und beantworteten eine Befragung zur Learnability (reduzierte Heuristiken mit fünfstufiger Skala nach Nielsen). Die Ausbildungsexperten fanden 162 akzeptierte Usabilityprobleme auf 156 Lernmoduleseiten. Auf einer Lernmoduleseite lag zu diesem Zeitpunkt die Wahrscheinlichkeit für einen fachlichen Fehler bei etwa 50 %, für einen Rechtschreib- bzw. Grammatikfeh-

ler oder einer zu hohen kognitiven Belastung bei ca. 19 %. Diese Usability- und die Learnability-Probleme sind in den Versionen 7 bis 9 behoben worden.

Die Lerner kommentierten beim Lernen mit zwei Lernmodulen die Ausbildungssoftware, verglichen das von einer Ausbildungs- und Grafikexpertin vorgeschlagene Layout dreier Versionen und bewerteten abschließend die gesamte Ausbildungssoftware (Fragebogen WAMMI und ISONORM 9241/10). Die Methode des Lauten Denkens war nicht anwendbar. Stattdessen notierte der Untersuchungsleiter stichpunktartig die Diskussionen und Gespräche während der Lernphase. Etwa 73 % der Lerner bevorzugten ein übersichtlicheres, dezentes Layout der Ausbildungssoftware (Version 8.1). Die Elaborationen sind positiv aufgefallen. Die Lerner nahmen sich viel zu wenig Zeit zum Durcharbeiten der Fachinhalte. Auch die Selbstkontrolle war in der Erstausbildung nicht immer wie gewünscht vorhanden. Zum Untersuchungsende stellten die Lerner eigene fachliche Defizite fest. Insgesamt beurteilten die Lerner die Software mit den Fragebogen WAMMI und ISONORM 9241/10 positiv (v. a. die einfache und logische Struktur sowie die Übersichtlichkeit). Besonders positiv empfanden die Lerner die abgebildeten Streckenbänder. Ein Hinweis zur Verwendung alternativer Kommunikationsmittel soll in der Ausbildungssoftware (Version 10) aufgenommen werden. Ferner sollen für die Version 10 die Pop-Up-Fenster nicht scrollbar sein, das Lernmodulmenü verkleinert werden und die Standardlösungen der Items überarbeitet werden. Auch von Lernerseite wurde wie bei Vögele (2003, S. 49) der Wunsch geäußert, die Ausbildungssoftware (entsprechend des Hauptzweckes) nicht als einziges Medium zur Fachinhaltsvermittlung zu verwenden.

Insgesamt waren – mit Ausnahme des Lauten Denkens – alle Teiluntersuchungen zur Usability zielführend, effektiv und ergiebig. Die Ausbildungssoftware zeigte bereits in den Versionen 7 bis 9 eine gute Usability.

Vergleich der Ergebnisse mit den angestrebten Zielen

Die Ausbildungssoftware ist eine Schnittstelle zwischen dem entwickelten Kompetenzmodell und der Fachdidaktik (vgl. Winther und Klotz, 2014, S. 27). Sie ist für EiB/F fachlich umfassend, praxisnah, mit notwendigen Kompromissen theoretisch fundiert und für Novizen A, Novizen B und Fachpersonen gleichermaßen umgesetzt. Die einfache Struktur und die Bedienerfreundlichkeit wurden v. a. durch eine mehrstufige Usability-Untersuchung bestätigt. Damit bietet die Ausbildungssoftware Novizen eine möglichst zügige Einarbeitung in die Domäne und Ausbildungsbetriebe sowie Berufsschulen bzw. Dritte können sich durch die Ausbildungssoftware personell und fachlich besser auf die EiB/F-Ausbildung einstellen.

7.4 Gesamtüberblick

Die angestrebten Ziele dieser Arbeit sind – abgesehen von den unvermeidbaren Kompromissen in der Theorie im Zusammenhang mit der Ausbildungssoftware-Entwicklung – erreicht worden. Im Detail haben sich in dieser Arbeit über diese angestrebten Ziele hinaus sehr viele in der Theorie und der Praxis relevante Erkenntnisse ergeben.

Kapitel 8

Resümee und Ausblick

Vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion um die Erfassung von Kompetenzen – und zwar sowohl aus der Lern- als auch der Anforderungsperspektive (vgl. Winther und Prenzel, 2014; Scherm, 2014; Franke, 2005, S. 35 ff., S. 171; Spöttl, n. d., S. 163; Nickolaus, 2013, S. 5-9; Nickolaus, n. d., S. 332; Bauer, n. d., S. 214; Clement, n. d.; Clement, 2008, S. 22 f.; Vargas Leyva, 2008) – stellt die Vorbereitung eines Fachkompetenzmodells kein Novum dar, jedoch geschieht diese für eine sicherheitsrelevante Domäne mit geringen Ausbildungszahlen erstmalig. In der Erstausbildung resultiert daraus eine beinahe lineare Struktur in der fundiert entwickelten Ausbildungssoftware (vgl. Zlatkin-Troitschanskaia und Seidel, n. d., S. 226), die eine Schnittstelle zwischen der Kompetenzmodellierung und der Fachdidaktik darstellt. Die Ausbildungssoftware mit den beschriebenen Vorarbeiten füllt diesbezüglich Lücken in mehrfacher Hinsicht aus. Einige bedeutende Folgen sind:

- Die Fachdidaktik wird durch ein fachlich umfassendes und praxisnahes Standard-Lehrwerk bereichert.
- Die Einarbeitungszeit v. a. für Novizen B in die Domäne wird vermindert.
- Fachpersonen bzw. Ausbildungsexperten können schneller relevante Informationen finden bzw. zusammenstellen.
- Es existiert ein Basisitempool als Grundlage zur Itementwicklung.
- Es gibt ein Instrument zur Operationalisierung verschiedener Kompetenzen (vgl. Clement, n. d., S. 9 f.).
- Ein Medium zur Überprüfung von Fachkompetenzmodellen liegt vor.
- Die Segmentierung der Fachinhalte kann höchstwahrscheinlich zur Bildung von *units* im ECVET verwendet werden (vgl. Fietz, Mouillour und Reglin, 2008, S. 53).

Eine Erweiterung der Ausbildungssoftware durch Praxisanteile entsprechend der Enkapsulationstheorie von Schmidt und Boshuizen (1993) ist empfehlenswert. Probleme hierzu erwähnt z. B. Gruber (n. d., S. 314).

In einer Domäne grenzen sich Berufe untereinander fachlich zumeist durch ihre jeweilige hohe Komplexität voneinander ab (vgl. Becker, n. d., S. 59, bzw. das Verfahren zur Bildung von Berufen durch das BIBB). Eine Erstausbildung beginnt dann bei einem allgemeinbildenden Niveau mit meist niedriger beruflicher Komplexität und muss zu dieser hohen Komplexität führen. Die Komplexitätszunahme in der Erstausbildung sollte in einer Ausbildungssoftware auch durch das Instruktionsdesign abgebildet werden. Die in dieser Arbeit analysierte Komplexität und die darauf aufbauende Kombination der Modelle DO-ID und 4C/ID ist höchstwahrscheinlich verallgemeinert auf die meisten Erstausbildungen in dieser Kombination anwendbar. Ausgehend von der Definition 9 zur Komplexität ist dennoch die Gewichtung einzelner Knoten und Kanten unklar, wodurch ein berufsübergreifender Vergleich momentan nicht vertrauenswürdig ermittelbar ist. Es sollte eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt bzw. Kriterien für die Selektivität bzw. Gewichtung entwickelt werden.

Rauner, Heinemann, Piening und Maurer (n. d., S. 119 f.) stellen fest, dass von der Zwischen- zur Abschlussprüfung kein Kompetenzzuwachs feststellbar ist. Gleichzeitig steigt die zu bewältigende Komplexität zum dritten Ausbildungsjahr. Berücksichtigt man, dass das Fachwissen zum Ende des ersten Ausbildungsjahres als Prädiktor für das Fachwissen zum Ausbildungsende dient (Wild, n. d.; Nitzschke, Geißel und Nickolaus, n. d., S. 119), so lässt dieser Prädiktor möglicherweise auch auf die Bewältigung komplexer Inhalte schließen, zumal auf Basis der Definition 9 die Komplexitätsergebnisse mit den Ansätzen P und DP in dieser Untersuchung gleich waren.

In dieser Arbeit waren zur Überarbeitung der „Assessment-Triade“ *Curriculumentwicklung – Instruktion – Assessment* (Winther und Prenzel, 2014, S. 2) für die kompletten Fachinhalte der EiB/F-Ausbildung ebenso wie bei Achtenhagen und Winther (n. d.) viele theoretische Erkenntnisse nur als Kompromisse umsetzbar. Oft mussten Entscheidungen für konkrete Implementierungen gefällt werden, obwohl hierzu keine fundierten theoretischen Erkenntnisse vorliegen (z. B. Anzahl und Platzierung von Bildern). Dies soll jedoch als wechselseitiger Impuls für Theorie und Praxis im Sinne von Kremer, Melke und Sloane (n. d., S. 95) dienen:

„... Entwicklungsforschung [darf man] nicht vom Grunde her aus der Grundlagenforschung ausklammern... Entwicklungs- und Evaluationsforschung stehen in einem wechselseitigen Verhältnis.“

Anhang A

Ergebnisse zum 1. Expertentreffen

A.1 Vollständige Ergebnisse zu Anforderungen an Fachkräfte

Kernkenntnisse bzw. -fähigkeiten

Als Kernbereiche sind folgende genannt worden.

- Richtlinien kennen und umsetzen können
- Regelbetrieb kennen und durchführen können
- Verhalten bei Unregelmäßigkeiten (gemäß Richtlinien) kennen und umsetzen können
- Mobilität
- Konzentrationsfähigkeit
- Intelligenz (logisches Schlussfolgern, räumliches Vorstellungsvermögen und Umgang mit Zahlen)
- Informationsbeschaffung und -management, Technologiekenntnisse sowie Medienbedienung
- Selbstmanagement (Selbstmotivation, Zielsetzung, Frustrationstoleranz, Ausdauer, Belastbarkeit, Stressresistenz, Verantwortungsübernahme, Selbstständigkeit, Autonomie, Unabhängigkeit von Beurteilungen, Anpassungsfähigkeit, Flexibilität, Ambiguitätstoleranz, Arbeitsorganisation, Zeitmanagement und Lernfähigkeit)
- Soziale Kompetenzen (nach unten mit abnehmender Wichtigkeit):

- Kommunikationsfähigkeit, Konfliktfähigkeit
- Kritikfähigkeit, Kooperationsfähigkeit
- Empathie
- Überzeugungsfähigkeit

Als besonders wichtige Kernfähigkeiten sind die korrekt nach Richtlinien auszuführenden Handlungen zur Gewährleistung der Sicherheit im Betriebsdienst genannt worden.

Randkenntnisse bzw. -fähigkeiten

Als Randbereiche sind folgende genannt worden.

- Präsentationstechniken
- Moderationstechniken
- Kosten- und Ertragsdenken
- Technisches Verständnis

Als Randbereich wurde von den Experten v.a. das technische Verständnis angesehen.

A.2 Vollständige Ergebnisse zu Anforderungen an Auszubildende

Die Anforderungen sind nach Analysen der Adressaten bzw. der Zielgruppe und der Lernorganisation unterteilt.

A.2.1 Adressaten- bzw. Zielgruppenanalyse

Die Analyse trennt nach institutionellen, anthropogenen und sozio-kulturellen Faktoren (Euler, Holz und Zimmer, 1992, S. 86). Die aufgeführten Einschätzungen sind nicht abschließend, berücksichtigen aber weitgehend die Besonderheiten der primären Altersgruppe (vgl. Tulodziecki, 1996, S. 48-83; Neuenschwander 2005, S. 127).

Institutionelle Faktoren

Als institutionelle Faktoren wurden besprochen:

- Möglichkeit zum Erwerb des mittleren Schulabschlusses (entsprechend der Landesgesetze) und
- Besonderheiten (ggf. grenzüberschreitender Einsatz im Ausland bzw. Mehrsprachigkeit).

Anthropogene Faktoren

Statistischer Grundrahmen: Auf der Grundlage der Experten-Erfahrungen und der BIBB-Daten (BIBB, 2011a) wurden folgende Punkte besprochen.

- Schulabschluss, Bildungsstand und Lerngeschichte: Wünschenswert ist ein guter Hauptschulabschluss, ein qualifizierter Hauptschulabschluss oder ein mittlerer Schulabschluss.
- Altersverteilung: Die Gruppen bestehen zu etwa 50 % bis 60 % aus Auszubildenden mit bereits mindestens einem abgeschlossenen Ausbildungsberuf. Diese Teilgruppe dürfte zukünftig noch zunehmen.
- Verteilung nach dem Geschlecht: Aktuell liegt der Anteil der Frauen bei etwa 10 % mit z. T. starker Varianz. Ein höherer Anteil von Frauen ist erwünscht.
- Homogenität: Oft sind Aufteilungen in mehrere Gruppen zu beobachten. Hierbei sind Gruppenbildungen nach den Beschäftigungsbetrieben und entsprechend der fachlichen Vorkenntnisse (viel, etwas oder kein Vorwissen) zu beobachten.

Motivationale Voraussetzungen: Folgende motivationalen Voraussetzungen sind angeschnitten worden.

- Lernbereitschaft: Bei Auszubildenden mit bereits abgeschlossenem Beruf ist die Lernbereitschaft besonders hoch.
- Lernklima: Mit Ausnahme des zweiten Ausbildungsjahres ist das Lernklima gut.
- Die Vorbildfunktion von Vorgesetzten und Weisungsbefugten ist wichtig.

Kognitive Voraussetzungen: Als kognitive Voraussetzungen sind folgende Inhalte besprochen worden.

- Routine bei Grundfertigkeiten (naturwissenschaftlich oder musisch-künstlerisch): Diese fehlt bei vielen Auszubildenden oft ganz (z. B. Physik). Fachspezifische Grundfertigkeiten fehlen bei den meisten Auszubildenden komplett aufgrund der hohen Fachspezifität im Eisenbahnwesen.
- Lernmotivation, Motivationslagen, Anstrengungsbereitschaft und persönliche Ziele: Die Einschätzungen hierzu sind unterschiedlich. Im Vergleich zu anderen Ausbildungen bestehe:

- keine besonders hohe Motivation oder
- eine erkennbare hohe Motivation.

Es ist zu beachten, dass Nickolaus und Wuttke (n. d., S. 170) für kaufmännische und gewerblich-technische Ausbildungen ebenso keine einheitlichen Ergebnisse zur Motivationsentwicklung feststellen konnten.

- Kreativität (originelle oder ungewöhnliche Lösungen, Bereitschaft zu kognitiven Konflikten, Neugier, Nonkonformismus und konvergentes oder divergentes Denken): Dies ist eher hinderlich, da Richtlinien einzuhalten sind.
- Berufliches Vorwissen und relevante Erfahrungen (fachlich und methodisch):
 - Auszubildende bringen manchmal falsches Vorwissen in die Ausbildung mit. Die Selbstüberschätzung führt dann oft zu Akzeptanzproblemen bzgl. fachlicher Inhalte.
 - Unterschiedliches Vorwissen von Auszubildenden führt meist zur Gruppenbildung. Einer Ab- oder Ausgrenzung ist vorzubeugen. Achtenhagen et al. (2000) erwähnt das Mastery-Learning als Gegenmaßnahme für lernschwächere Auszubildende.
 - Auszubildende mit einer höheren Eingangsqualifikation (höher als ein guter bzw. qualifizierender Hauptschulabschluss) dürfen nicht den Punkt in der Ausbildung verpassen, ab dem der Lernvorgang einsetzen muss.
- Metakognition (Zielklärung, Wissensbestandskontrolle, Lernstrategiebeurteilung, Aufgabeneinschätzung bzgl. der Schwierigkeit bzw. der Motivationskraft und Barrierendiagnose): Große Defizite sind hier auszugleichen.

Erworbene Handlungsstrategien: Als bereits vorhandene Fähigkeiten bei EiB/F sind die folgenden besprochen worden.

- Methodenkompetenz: Es besteht aufgrund der Richtlinien kein Handlungsspielraum. Die Kompetenz ergibt sich aus der Kenntnis bzw. Umsetzung der Richtlinien.
- Problemlösekompetenz für komplexe Probleme (sich Zeit lassen bzw. keine Kurzschlussreaktion): Die Kompetenzen sind meistens bereits vorhanden.

Verhaltensdispositionen: Als übliche Verhaltensdispositionen sind die folgenden besprochen worden.

- Konfliktverhalten (Umgang mit anderen Menschen, Rolle bzw. Verhalten in der Gruppe, Potential zum Abgleich Fremd- und Eigenbild sowie Vermögen zur Zusammenarbeit):
 - Bei schlechten Leistungen werden oft die Ursachen extern gesucht. Die Reflexionsfähigkeit sollte gestärkt werden.
 - Die Fähigkeit, Konflikte direkt mit dem Betroffenen zu besprechen, sollte ausgebaut werden.
 - Der Vorbildcharakter und die Impulse von Ausbildungsexperten erscheinen besonders wichtig.
- Der respektvolle Umgang untereinander bzw. zu Vorgesetzten muss im Auge behalten werden, ist aber i. d. R. kein Problem.

Sozio-kulturelle Faktoren

Beim ersten Expertentreffen sind nachfolgende Punkte angesprochen worden.

- Sprach- und Verständnisprobleme bzw. Muttersprache: Auf Sprach- oder Verständnisprobleme v. a. bei Auszubildenden mit anderer Muttersprache ist hinsichtlich des richtigen inhaltlichen Verständnisses der Richtlinien zu achten.
- Das Ansehen des Berufes EiB ist gut.

A.2.2 Lernorganisation

Die Experten haben folgende Organisation zum Lernen besprochen.

- Die Vermittlung von kognitiven, metakognitiven, motivationalen oder volitionalen Strategien für selbstreguliertes Lernen ist innerhalb der Ausbildung notwendig (Lernprozess selbständig planen, eigene Ziele setzen, Vorwissen aktivieren, Lernressourcen nutzen, Lerngeschwindigkeit selbst bestimmen, eigene Lernfortschritte überwachen, Anpassung an geänderte Anforderungen des Lernmaterials, Lernergebnis selbst bewerten, Selbstmotivation, Aufmerksamkeit erhalten, eigene Lernumgebung anpassen, Ressourcen einteilen und ggf. Lerntagebuch bzw. Protokoll führen).
- Die Lernstrategien sind oft bereits alters-, erfahrungs- bzw. bildungsabhängig gut ausgeprägt (Wiederholungs-, Organisations-, Elaborations-, Wissennutzungs- und metakognitive Strategien, motivational-emotionale, kooperative und ressourcenorientierte Strategien).

- Welche Fähigkeiten und Kenntnisse sind nötig bzw. sollen vermittelt oder verbessert werden? Die notwendigen Kenntnisse bzw. Fähigkeiten für den Einsatz als EiB/F-Fachkräfte sind anzustreben (vgl. Abschnitt 3.3.1). Das Verständnis für Einsatzbereiche des EiB/LT soll erreicht und Einblicke in dessen Tätigkeiten gegeben werden.
- Abweichungen von den Richtlinien sind zu vermeiden.
- Die Reaktionen auf Unregelmäßigkeiten, die über die Richtlinien hinaus gehen, sollten aufgrund der Überforderung bzw. des zu hohen Zeitbedarfs kein Bestandteil der Ausbildung sein.
- Eine Abgrenzung zu anderen Berufen bzw. Tätigkeiten ist wegen Überschneidung von Tätigkeitsfeldern schwierig. Andererseits gibt es aufgrund der verschiedenen Einsatzgebiete deutliche Unterschiede innerhalb des Berufsbildes des EiB.
- Fast alle fachlichen Inhalte sind stark domänenspezifisch.
- Es existiert oftmals ein hinderliches Wissen bzw. eine falsche Vorstellungen oder ein falsches Vorwissen. Beispiele sind:
 - die Gewichtsübertragung „über den Drehzapfen“,
 - die Funktionsweise der Zahnradpumpe oder
 - der Kenntnisumfang anderer EiB-Tätigkeitsbereiche.
- Das zu vermittelnde kognitive Wissen ist komplex.
- Als hierarchisch abhängiges Wissen bzw. Fähigkeiten sind anzusehen: Grundlagenwissen → Regelbetrieb durchführen → richtige Reaktion auf Unregelmäßigkeiten (lt. Richtlinien) → richtige Reaktion auf Unregelmäßigkeiten (außerhalb der Richtlinien).

Anhang B

Unterlagen zum 2. Expertentreffen

Den Teilnehmern sind Informationsmaterialien zum aktuellen Forschungsstand sowie Vordrucke und ein Feedbackbogen zur zeitsparenden Bearbeitung übergeben worden. Die Mappe mit den Arbeitsmaterialien umfasste (vgl. Anhang G):

- eine Darstellung überarbeiteter Fachinhalte und Handlungsfelder (nach Ausbildungsjahren getrennt),
- die Konkretisierung der Fachinhalte (Wissenskomponenten, Arbeitsschritte und Arbeitsmittel),
- die Beschreibung von Wissensarten und
- Definitionen (Handlungseigenschaften, Unterstützungs- bzw. Strategiewissen und Expertenwissen).

Die Ergebnismappe beinhaltete:

- die DACUM-Workshop-Liste (Klassifikation nach der Wissensart, der Handlungsart mit möglicher Ergänzung von Unterstützungs- bzw. Strategiewissen, Expertenwissen und Anmerkungen) sowie
- ein Expertenmeinungs-Feedback zu den Fachinhalten.

Hinweis: In der Datei Ergebnis6_120608_Basisitems_weitereEigenschaften.pdf ist die stochastische Unabhängigkeit als *Trennschärfe zu Basisitem* angegeben.

Anhang C

Abbildungen zur Ausbildungssoftware

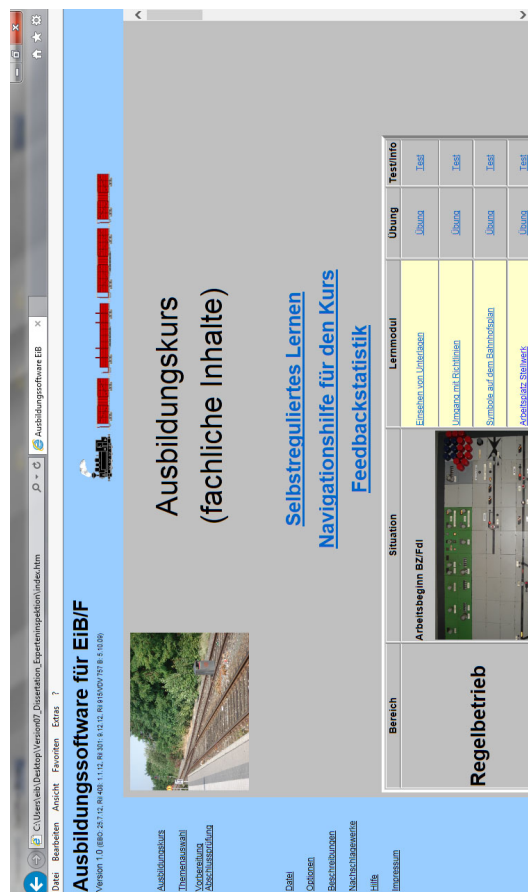


Abbildung C.1: Startseite für den Ausbildungskurs



Abbildung C.2: Startseite für die Themenauswahl

Abbildung C.3: Feedbackstatistik

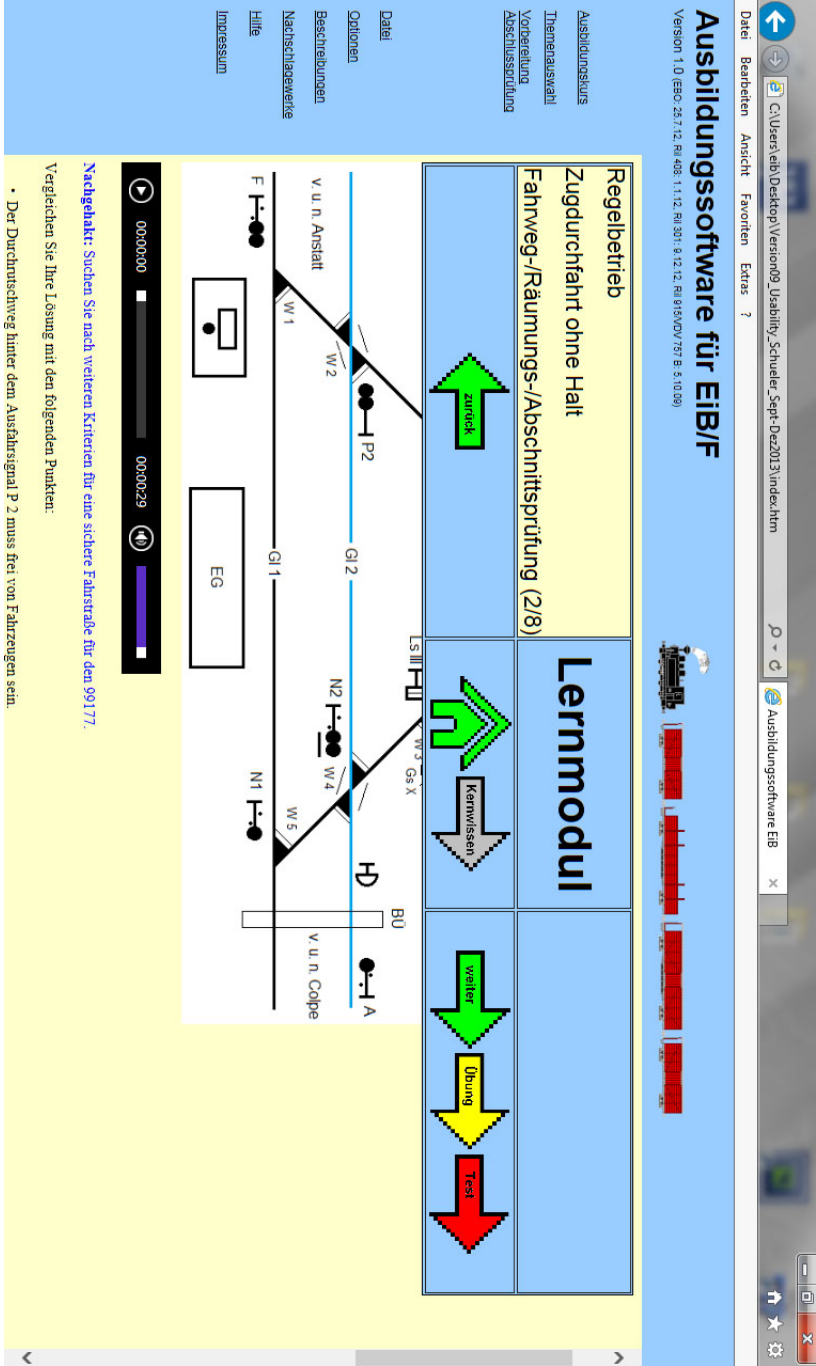


Abbildung C.4: Contentseite mit Lerninhalten eines Lernmoduls in der Grundstufe

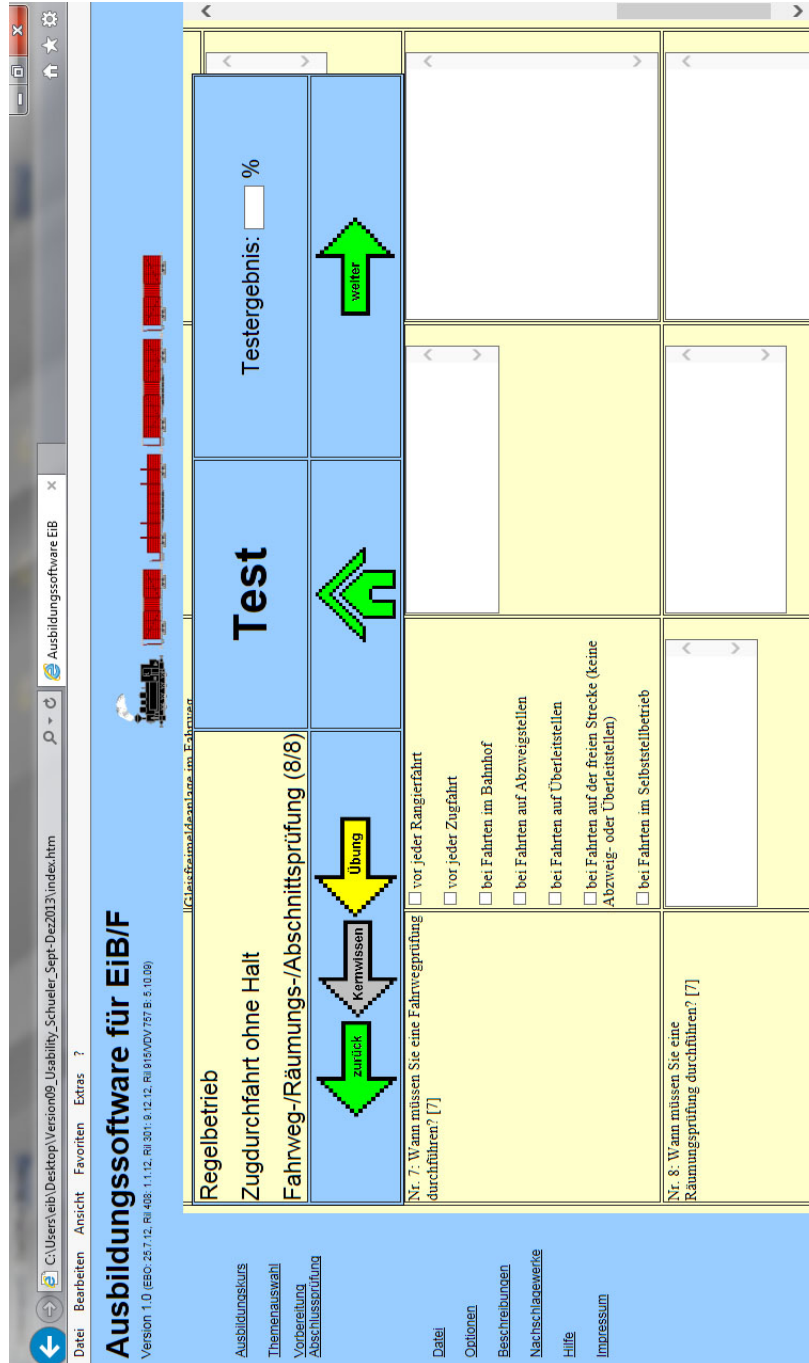


Abbildung C.5: Testseite eines Lernmoduls in der Grundstufe (mit Feedback)

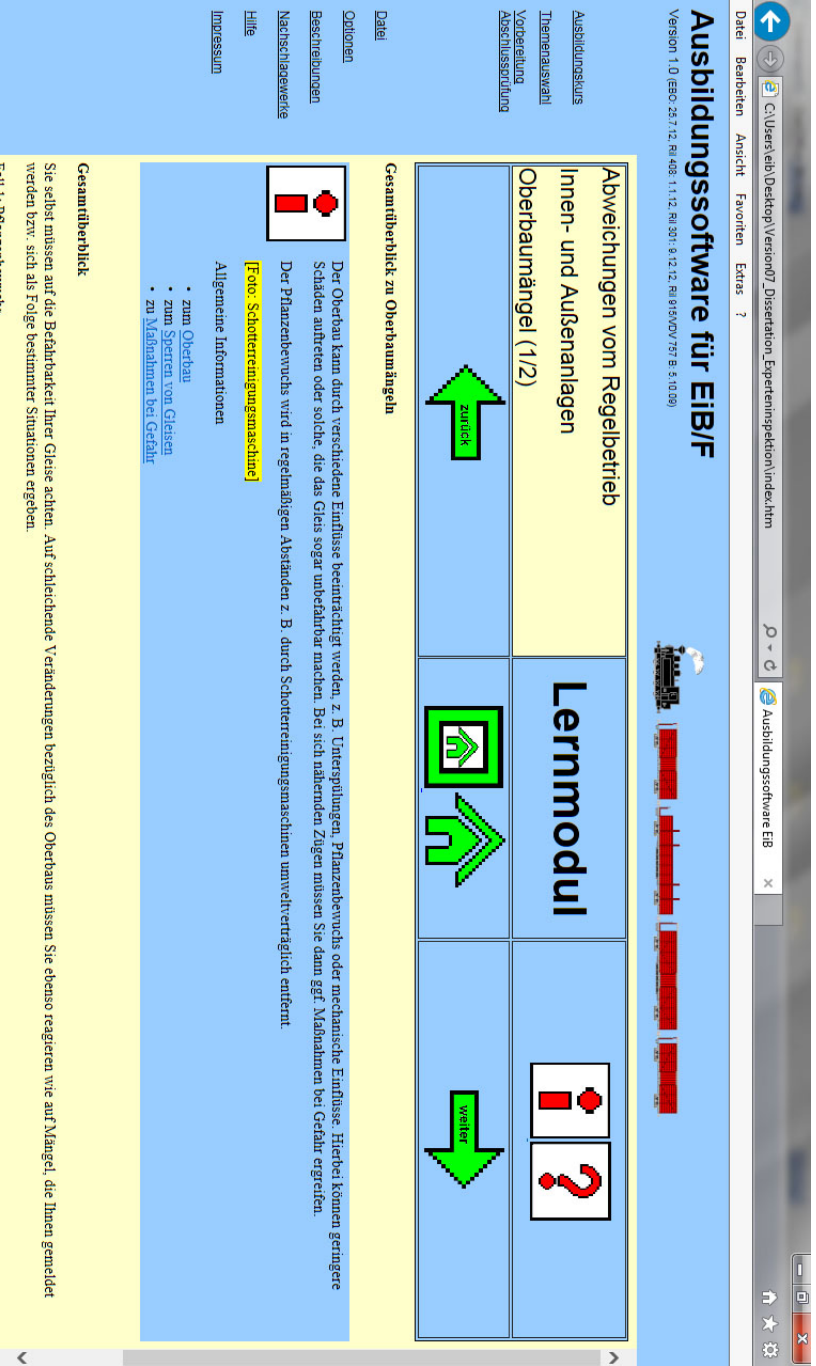


Abbildung C.6: Erste Seite eines Lernmoduls in dem dritten Ausbildungsjahr: Angebot zur Wiederholung sowie Unterstützungs- und Strategiewissen

C:\Users\lab\Desktop\Version07_Dissertation_Experteninspektion\index.htm

Ausbildungssoftware EB

Datei Bearbeiten Ansicht Favoriten Extras ?

Ausbildungssoftware für EiB/F

Version 1.0 (EBO: 25.7.12, RI: 408: 1.1.12, RI: 301: 9.12.12, RI: 915/VOV/757 B: 5.10.09)

[Ausbildungskurs](#)
[Themenauswahl](#)
[Vorbereitung](#)
[Abschlussprüfung](#)

[Datei](#)
[Optionen](#)
[Beschreibungen](#)
[Nachschauwerte](#)
[Hilfe](#)
[Impressum](#)

Fall 2: Engleisungsstelle

Situationsbeschreibung

Aufgrund einer Entgleisung haben Sie ein Gleis einer zweigleisigen Strecke gesperrt. Den Selbststellbetrieb haben Sie ausgeschaltet, den Merkmweis und notwendige Sperren angebracht. Alle bisherigen Züge haben Sie über das Nachbargleis an der Engleisungsstelle vorbeileiten können. Ihnen wurde soeben gemeldet, dass die Engleisungsstelle wieder geräumt ist der Oberbau aber sehr stark beschädigt ist.

Aufgaben

1. Wie verfahren Sie bezüglich der Gleissperrung?
2. Welcher Merkmweis und welche Sperren sind nun nötig?
3. Was müssen Sie in Ihren Unterlagen dokumentieren?
4. Wie führen Sie Fahrten durch?

Lösung [=> Pop-Up:

1. Das Gleis bleibt gesperrt.
2. Merkmweis für gesperrte Gleise und entsprechende Sperren hierfür und für den Selbststellbetrieb
3. Gleissperrung mit Anlass im Zugmeldebuch
4. Zum Erkunden des Oberbaus können Sperrfahrten im gesperrten Gleis fahren. Andere Zugfahrten können ggf. umgeleitet werden.]

Fall 3: Regenfälle

Situationsbeschreibung

Sie bemerken, dass aufgrund starker Regenfälle die lokalen Bäche über die Ufer treten.

Abbildung C.7: Contentseite mit Lerninhalten eines Lernmoduls in dem dritten Ausbildungsjahr: Bearbeitung von Fällen

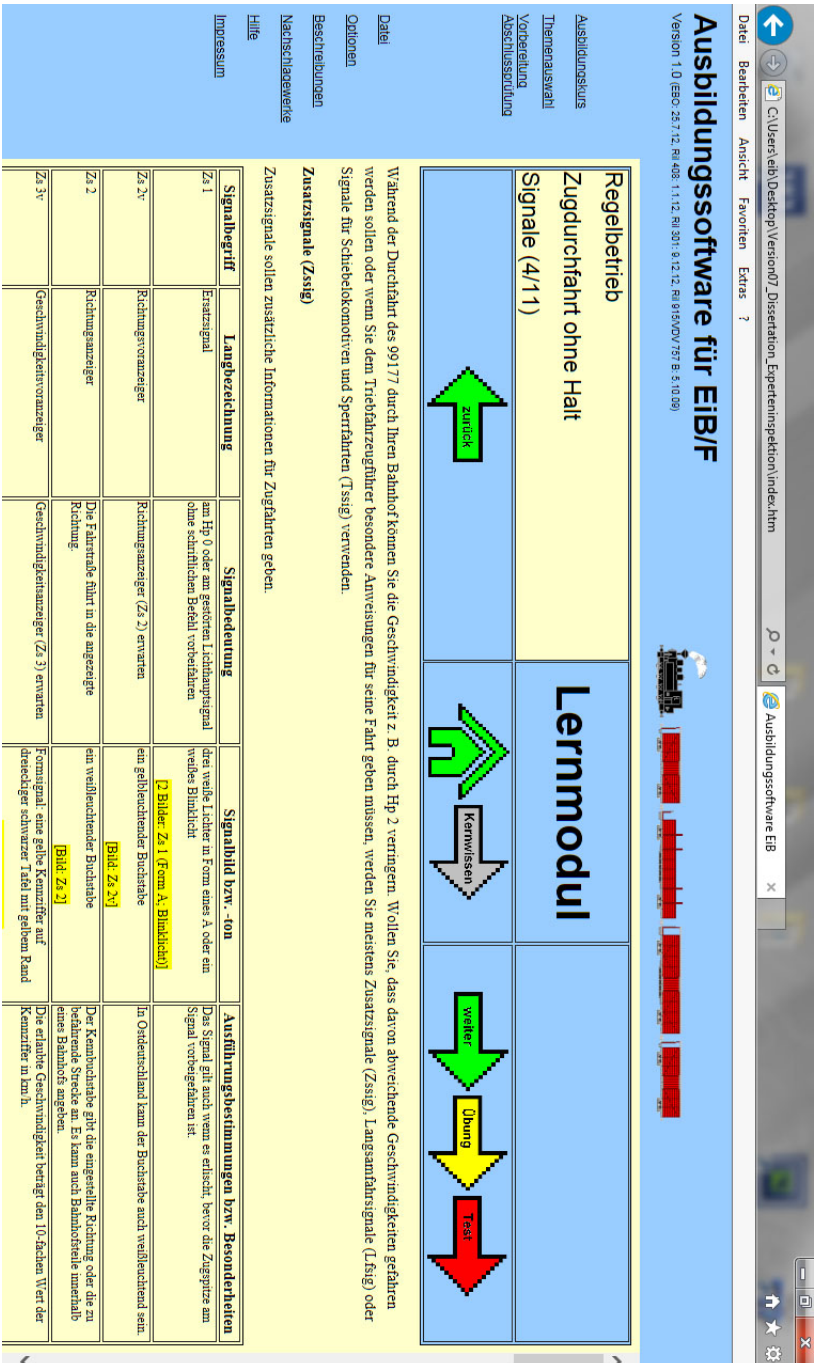


Abbildung C.9: Seite mit Part-Task-Training

Anhang D

Heuristische Evaluation

Dieser Anhang stellt umgesetzte Empfehlungen der Experten dar. Notationsschema: **Quelle bzw. Seite (Priorität nach Nielsen, Kategorieabkürzungen)**: Empfehlung des Experten, ggf. „→“ Angaben zur Umsetzung
Als Kategorieabkürzungen werden hier verwendet:

F für die fachliche Richtigkeit,

RG für die Rechtschreibung und Grammatik oder

1-9 für die Usability-Heuristiken (vgl. Abschnitt 5.4.1).

Dabei können mehrere Kategorien zu einer Quelle angegeben sein.

Experte R

- **Hauptmenü-Beschreibungen (2, 2, 3)**: Ergänzung: „Von der Freischaltung wird abgeraten, da...“
- **Hauptmenü-Beschreibungen (2, F)**: „gezielte Abschlussprüfungsvorbereitungen“ ersetzen durch „gezielte Prüfungsvorbereitungen“
- **Hauptmenü-Beschreibungen (2, F)**: Ergänzung: „für andere EVUs und fachlich Interessierte“ und „pädagogisches Konzept auch für bahnexterne Theoriebildung“
- **Hauptmenü-Beschreibungen (2, F)**: Ergänzung „und hohe Anforderungen durch den Beruf“, „Lebensgefahr“ und „Personen- und Sachschäden“
- **Hauptmenü-Beschreibungen (2, F)**: Ergänzung: „Genauigkeit am Arbeitsplatz in der Berufsausübung“
- **Hauptmenü-Beschreibungen (2, F)**: Ergänzung: „Berücksichtigung der differenzierten kognitiven Belastung (Eingangseinstufung)“

- **Hauptmenü: Beschreibungen (2, 2):** Hinweis zur Sperrung: „In den nachgelagerten Lernmodulen soll das Wissen verfestigt werden ...“
- **Hauptmenü-Beschreibungen (2, F):** „praxis-“ ersetzen durch ganzheitliche „berufs- und fallorientierte Sicht“ → umgesetzt als „berufspraxis-“
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen-Seite 1 (0, 2):** „Er hat wichtige Punkte zu beachten“ ersetzen durch „Er hat wichtige Entscheidungen zu fällen“ → umgesetzt als „Wichtiges zu beachten“
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen-Seite 1 (0, 3):** Fragen einzeln stellen: wo, wie und warum
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen-Seite 2 -Pop-Up-Nachgehakt (0, F):** Ergänzungen: „vor der berechtigten Zugfahrt“, „ein wichtiger juristischer Nachweis vor Gericht“ und „Dies könnte arbeitsrechtliche Konsequenzen haben.“
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen-Seite 2 (0, 3):** Arbeits- und Störungsbuch trennen vom Prüfen der Bahnübergänge
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen-Seite 2 (0, RG):** Übergabe des Zugmeldebuches
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen-Seite 2 (0, F):** Bestätigung der eingetragenen Uhrzeit der Übergabe
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen-Seite 4 -Nr. 8 (0, F):** Bf-Chef ersetzen durch Betriebsleiter
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen -Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 1 (2, RG):** doppeltes „aber“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen -Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 1 (2, F):** Begriff „D-Weg“ ergänzen
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen -Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 1 (2, RG):** Begriff „entstände“ ersetzen durch „entstünde“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen -Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 2 (2, RG):** Plural: „Die korrekten Reaktionen des Tf auf die Signale“

- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen**
-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 2 (2, F): Ergänzung: „Fährt ein Fz mit eingeschaltetem Magnet“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen**
-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 2 (2, RG): Abkürzung „v. a.“ ausschreiben
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen**
-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 2 (2, 3): Ergänzung: „die im zugeigenen Rechner verarbeitet werden.“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen**
-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 2 (2, F): Ergänzung: „... die örtliche Position des Zuges wird überwacht...“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen**
-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 2 (2, 3): Foto ergänzen: „Lage von PZB-Magneten“ → auch für LZB und ETCS umgesetzt
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen**
-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 3 (2, 2): Ergänzung: „... das zu erwartende Fahrverhalten des Gz...“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen**
-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 4 (2, F): Ergänzung: „andauernde und lückenlose Überwachung“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Sicherheitseinrichtungen**
-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS)-Seite 5 (2, RG): Komma hinter „überwacht“ → stattdessen wurde „wie“ hinter „überwacht“ gestrichen
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Besondere Betriebsweisen-Ggl-Fahrt/ZLB-Seite 2-Nachbereitung der Ggl-Fahrt (2, F):** Ergänzung: „... das gesamte Streckengleis bis zur nächsten Rp-Stelle.“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Besondere Betriebsweisen-Ggl-Fahrt/ZLB-Seite 3 (2, F):** Ergänzung: „Züge im Ggl dürfen nur im Zugfolgeabstand verkehren.“
- **Regelbetrieb-Zugfahrt ohne Halt-Besondere Betriebsweisen-Ggl-Fahrt/ZLB-Seite 4-Nachgehakt (2, 2):** Umformulierung: „Bisher kennen wir die klassische Zugsicherung.“
- **Regelbetrieb-Gezogene Rf-Grundlagen-Definition, Unterlagen, Last, Abmessung-Seite 1 (2, F):** Ergänzung: „Rf haben sehr großes Gefahrenpotenzial. Seien Sie stets vorsichtig.“

- **Regelbetrieb-Gezogene Rf-Grundlagen-Definition, Unterlagen, Last, Abmessung-Seite 4 (2, RG):** Komma ergänzen: „...“, sowie ...“
- **Regelbetrieb-Zugausfahrt im Zugbildungsbahnhof-von der Zugvorbereitung bis zur Zustimmung des Fdl zur Abfahrt-Definition-Seite 2 (2, 3):** Bild ergänzen zum anschließenden Weichenbereich → für mehrere Situationen umgesetzt
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines-Seite 1 (2, 2):** „Zum einfacheren Bearbeiten der dargebotenen Fälle...“ ersetzen durch „Zur Hilfestellung beim Bearbeiten...“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines-Seite 1 (2, 2):** Ersetzung und Ergänzung „...während der Fallbearbeitung...“ durch „...während der Bearbeitung der Fälle...zusätzlichen...“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines-Seite 1 (2, 3):** Ergänzung: blaues Infokästchen als Beispiel-Bild einfügen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines-Seite 1 (2, 2):** „Kontrollieren Sie...“ ersetzen durch „Überprüfen Sie ihre eigenen Arbeitsergebnisse kritisch.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines-Seite 1 (2, F):** Ergänzung: „...zur Leistungsermittlung gespeichert und verwendet werden.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1-1. Satz (2, F):** Ergänzung: „...erhöhen sich die Gefahren für die Betriebssicherheit und Verkehrstauglichkeit“ → umgesetzt als „und es erhöhen sich die Gefahren für den sicheren Betriebsablauf“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1-Nr. 4 (2, 3):** Zwischenschritt einfügen: „Gehen Sie zunächst von einem bekannten Standardfall aus und variieren Sie ihn der Situation angemessen.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, 2):** „... Handlungsalternative mit dem geringsten Gesamtschaden...“ ersetzen durch „... mit den geringsten betrieblichen Folgen...“

- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, RG):** Kommafehler: „Bedenken Sie, . . .“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, F):** Ergänzung: Meldepflicht von Unregelmäßigkeiten
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, F):** Ergänzung: „. . . für Handlungen zur Rechenschaft gezogen werden.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1-technischer Defekt (2, F):** Ergänzung: „. . . aufgrund Ihrer technischen Kenntnisse die Fehlerquelle einzuschränken.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, F):** Ergänzung: „. . . riesige betriebliche Auswirkungen. . .“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, 2):** „. . . auf Unregelmäßigkeiten beim Rangieren reagieren. . .“ ersetzen durch „Unregelmäßigkeiten beim Rangieren. . .“ → umgesetzt als „Unregelmäßigkeit beim Rangieren“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, F):** Ergänzung: „. . . umsichtig, ruhig und strukturiert handeln.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, RG):** betreiben anstatt betrieben
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 1 (2, 2):** „. . . betriebssicher erledigt“ ersetzen durch „. . . betriebssicher zu erledigen“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 2-Fall 1 (2, F):** Ergänzung: Abkürzung Tf
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 2-Fall 2 (2, F):** Ergänzung: „BZ mündlich informieren“

- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 2-Fall 2 (2, 2):** Änderung: „... diese alternative Lösungen schlechter sind.“ anstatt „... diese Alternativen schlechter sind...“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 2-Fall 3 (2, RG):** „Den nächsten Zug...“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-drohende Gefahr-Seite 1 (2, F):** Ergänzung: „Durch die Intensivübungen sollen Sie vertraute Sicherheit erlangen“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-drohende Gefahr-Seite 1 (2, RG):** Kommafehler: „Sobald Sie ... beherrschen, müssen Sie ...“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-drohende Gefahr-Seite 1 (2, RG):** „Ahten Sie auf... denjenigen, der die Meldung abgibt und auf den, an den Sie weitermelden müssen.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, RG):** „... neuere Anlagen...“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, 2):** „Drücken Sie SNT...“ ersetzen durch „Beim Drücken der SNT...“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, RG):** „überschneiden“ anstatt „Überschneiden“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, 9):** Ergänzung: Außentasten ggf. mit Lupe oder als Pop-Up im Hauptmenü darstellen → Eine Stell-tischanzeige wird im Hauptmenü unter Hilfe angeboten.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, RG):** doppeltes Prädikat: „wirkt“ streichen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, F):** Hinweis auf öRil bzgl. Integration der Bü-Sicherung in die Fahrstraßensicherung angeben
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, RG):** „der“ doppelt; einmal streichen

- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, 4):** Steuerungsproblem: Linkliste funktioniert nicht. → absolute Adressierung in relative ändern
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1-Fallaufflistung (2, RG):** „Zusammenhang“ anstatt „Zusammenahng“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 1 (2, F):** Ergänzung: „... höchste Sicherheitsanforderung wegen Unfallgefahr mit dem öffentlichen Verkehr muss erfüllt werden“ → umgesetzt als „Im Zusammenhang mit Bahnübergängen müssen Sie die höchste Sicherheitsanforderung erfüllen, weil hier eine große Unfallgefahr mit dem Straßenverkehr besteht.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 3-Fall 5 (2, 2):** zweimal den Begriff „ordnungsgemäß“ verwendet; 2. Nennung durch „... richtig wirkende technische Sicherung...“ ersetzen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 3 (2, RG):** „Jede“ anstatt „Jade“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 4 (2, 2):** „... Finger stets auf beide Tasten...“ ersetzt durch „Finger stets über beiden Tasten halten.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 4-Fall 13 (2, RG):** s fehlt: Stellwerksbereich
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 4-Fall 19 (2, RG):** Abkürzung Tf ergänzen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen-Seite 4-Fall 20 (2, 2):** „... Fehler tritt sehr häufig auf“ anstatt „... Fall tritt häufiger ein“

Experte H

- **alle Seiten in den Lernmodulen (3, RG, 1, 3):** Das Steuerme-nü sollte stets sichtbar sein. → Dies wird exemplarisch in Version 9 umgesetzt.

- **Regelbetrieb-Zugdurchfahrt ohne Halt-Zugfahrstraße einstellen-Weichen-Seite 8 (3, RG):** t fehlt in der Frage: „Wie funktioniert eine Handweiche?“
- **Regelbetrieb-besondere Rangierfahrt-Weiche aufgefahren-Seite 1 (1, 2):** Formulierung Umformulierung: „Bisher kennen wir die klassische Zugsicherung.“ ändern in „... auf eine aufgefahrene W reagieren?“ → „... bei einer aufgefahrenen W ...“
- **Regelbetrieb-besondere Rf-Weiche aufgefahren-Seite 2 (2, 2):** Formulierung ändern: „... von der Rangierabteilung aufgefahren oder aufgeschnitten.“ → „... aufgefahren.“
- **Regelbetrieb-besondere Rf-Weiche aufgefahren-Seite 2 (2, F):** Ergänzung: „Bei aufgefahrener Weiche erscheint der Weichenstörmelder und der Wecker ertönt“
- **Regelbetrieb-besondere Rf-Weiche aufgefahren-Seite 2 (2, F):** Dokumentation: bei aufgefahrener Weiche nicht im Arbeits- und Störungsbuch, sondern im Nachweis der Zählwerke
- **Regelbetrieb-besondere Rf-Weiche aufgefahren-Seite 2 (2, F, 2):** „Prüfung des Spitzenverschlusses“ ersetzen durch „Prüfung der Weiche“
- **Regelbetrieb-besondere Rf-Weiche aufgefahren-Seite 2 (1, F):** „Fachkraft LST“ ersetzen durch „Fachkraft“
- **Regelbetrieb-besondere Rf-Weiche aufgefahren-Seite 2 (2, F, 2):** Formulierung ändern: „Weiche gegen Umstellen sichern.“ → „... gegen Umstellen sperren.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Weichenstörung-Seite 1-Fälle 1 und 2 (3, F):** „Festlegemelder“ ersetzen durch „Verschlussmelder“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Weichenstörung-Seite 1-Fall 1 (3, F):** Durchgebrannte Lampen werden nicht in das Arbeits- und Störungsbuch eingetragen.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Weichenstörung-Seite 1-Fall 3 (3, F):** Weitere Ursache ergänzen: Rotlampelampe des Stellungs- und Überwachungsmelders durchgebrannt
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Weichenstörung-Seite 4-Fall 6 (3, F):** Nr. 4 streichen (funktioniert nicht)

- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Weichenstörung-Seite 4-Fall 6 (2, F):** Empfehlung: Punkte 5 und 6 tauschen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Signalstörung-Seite 1 (3, F):** Bei einer Zs 1-Störung blinkt der Ersatzsignalstörmelder zusätzlich rot.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Signalstörung-Seite 4-Fall 7 (1, F):** zweiten Satz streichen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 1 (3, F):** Im Bild ist keine Fü 60 dargestellt, sondern eine hauptsignalabhängige Anlage. Es sollte eine kombinierte hauptsignalabhängig-fernüberwachte Anlage verwendet werden.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 1 (4, 3, 4):** Link auf „Bahnübergang“ funktioniert nicht. Ursache: absolute Adressierung anstatt relative → alle Seiten daraufhin überprüft am 8.6.13; Ergebnis: keine weiteren absoluten Adressen gefunden.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 1 (2, F):** Taste DELT (Dauereinschaltlöschtaaste) aufnehmen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 1 (3, F):** Tasten FeRT, FRT und FHT sind im grünen Außentastenblock.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 3-Fall 6 (3, F):** Ergänzung: Die Taste HAT darf erst bedient werden, wenn keine Zugfahrt im Abschnitt des Bahnübergang-Blockes ist.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 3-Fall 7 (2, F):** Ergänzung: zuerst Taste DELT betätigen (vielleicht war der BÜ dauerhaft angeschaltet)
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 3 (2, F):** Grundregel: Bei Halbschranken darf die Taste DET nicht mehr angewendet werden.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 4-Fall 9 (2, F):** Der Bahnübergang kann ggf. manuell eingeschaltet werden.

- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 4 (3, 2):** Frage ändern: „Wie wird ein BÜ ausgeschaltet?“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 4 (3, F):** Ersetze die Taste RT durch die Einschalttaste ET.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 4-Fall 10 (3, F):** Bei ESTW muss ein Notruf abgesetzt werden.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 4-Fall 12 (2, F):** Befehl 8 ist notwendig.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 4-Fall 13 (2, F):** Zusätzlich blinkt der Melder NE gelb.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung-Seite 4-Fall 14 (2, RG, 2, 3):** Wort „gerade“ zweimal verwendet
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Fahrstraßenstörung-Seite 2-Fall 11 (2,F):** Begriff „Fahrstraße“ durch „Rangierstraße“ ersetzen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Fahrstraßenstörung-Seite 2-Fall 2 (2, F):** Begriff „Siemens-Stw“ ersetzen durch „SpDrS60“.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Fahrstraßenstörung-Seite 3-Fall 3 (2, F):** Begriff in der Aufgabenstellung überarbeiten.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Fahrstraßenstörung-Seite 2-Fall 1 (3, RG):** fehlendes „dass“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 3-Fall 5 (3, F):** ggf. Räumungsprüfung auf Zeit einführen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 3-Fall 5 (3, F):** „Gleis könnte besetzt sein“ ersetzen durch „Gleis kann besetzt sein“.

- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 3-Fall 5 (3, F):** Ergänzung: „Nach dem Austragen im Arbeits- und Störungsbuch müssen Sie einen Kontrollzug fahren lassen (bei ingl. Strecke oder GWB genügt ein Kontrollzug mit erfolgreichem Erlaubniswechsel), bevor Sie die Räumungsprüfung auf Zeit aufheben.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 3-Fall 5 (3, F):** „Grundstellung herstellen“ ersetzen durch „Sperrern entsperren“(weil sonst kein Erlaubniswechsel möglich ist)
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 3-Fall 8 (3, RG):** ASpM anstatt ASPM verwenden.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 3-Fall 8-Frage 1 (3, RG):** „Sun“ ersetzen durch „Sie nun“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 3-Fall 8 (3, F):** Satz mit HaGT und Sbk ersetzen durch „Signale dann sperren und danach wieder entsperren.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 9 (3, RG):** „Nachfolgenden“ ersetzen durch „nachfolgenden“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 9 (3, F):** Rpz durch Erp ersetzen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 9 (3, F):** „Kontrollzug in beide Fahrtrichtungen“ streichen.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 10-zu Nr. 1 (3, RG):** „n“ ergänzen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 10-zu Nr. 2 (3, F):** Blockprüftaste betätigen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 4-zu Nr. 3 (1, F):** Formulierung ändern: „Zugfahrt ohne Hpsig-Bedienung“

- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 10-zu Nr. 5 und Nr. 6 (3, F):** Neue Nr. 5: „Räumungsprüfung auf Zeit einführen, wenn die Störung bestehen bleibt.“ Neue Nr. 6 wird die alte Frage 5; („beide Richtungen“ für den Kontrollzug wieder streichen)
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 11 (3, F):** „Fahrstraßenanschaltung“ ersetzen durch „Fahrstraßenbedienung“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 11 (3, F):** ASPM ersetzen durch ASpM
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 11-Nr. 2 und Nr. 3 (3, F):** Nummern 2 und 3 tauschen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 11 (3, F):** BIPrT braucht man nicht mehr drücken.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 11 (3, F):** Der Kontrollzug muss ggf. nur in eine Richtung fahren.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 11-Nr. 3 (alt) (3, F):** „mit Lichtsignalsperrtast“ und ST ergänzen
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung-Seite 4-Fall 14-Nr. 1 (3, RG):** „Sun“ ersetzen durch „Sie nun“.
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Räumungsprüfung-Seite 3-Fall 5 (3, F):** Einzelräumungsprüfung ersetzen durch Rückmeldung
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Räumungsprüfung-Seite 3-Fall 6 (3, F):** Ergänzung: „... und ein Kontrollzug (bei eingleisigen Strecken zwei) gefahren ist.“
- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Räumungsprüfung-Seite 3-Fälle 9 und 10 (3, F):** Ergänzung: „... und ein Kontrollzug gefahren ist.“

Experte B

- **Abweichungen vom Regelbetrieb-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen-Seite 2 (3, RG):** „Den nächsten Zug...“

Expertin K

- **Hintergrundfarbe für die Linkeiste (Kurs und Themenüberblick) im Lernmodul, auf Übungs- und Testseiten (-, 3):** Der weiße Grund wirkt sehr hart. → Sehr helles Hellgrau ist besser
- **Schriftfarbe (-, 3):** Regel: weiße Schrift stets vermeiden; gelbe Schrift schwer lesbar
- **Farbe im Lernmodul (-, 3):** Themenfeld oben links ggf. mit gelbem Hintergrund (besser) umsetzen
- **Farbe im Lernmodul (-, 3):** Themenfeld oben links ggf. mit rotem Hintergrund (schlechter) umsetzen
- **Hintergrundfarbe im Lernmodul (-, 3):** sehr helles Hellgrau verwenden
- **Farbe für Steuerelemente (-, 3):** Alternativfarbe (Intro und Menü): Hellgrün statt Hellblau (dunkelgrüne Elemente anstatt aktuell hellgrüne Pfeile)
- **Farbe für Steuerelemente (-, 3):** ggf. dunkelorange Pfeil anstatt roten Test-Pfeil verwenden
- **Hintergrundfarbe (-, 3):** Hintergrund gelb (bzw. etwas dunkler als weiß) einfärben; rote Farbe für Themen und Lernmodule ist in Ordnung
- **Überschriftmarkierung im Text (-, 3):** kursiv, in gleicher Schriftfarbe wie der Fließtext
- **Schriftfarbe (-, 3):** rote Schriftfarbe ggf. in Dunkelorange ändern
- **Bilder (-, 3):** ggf. Bilder oder Symbole (z. B. Ausrufezeichensymbol) als Hinweiszeichen anstatt blaue Schrift verwenden → Symbole werden links an den Blattanfang gesetzt (2-spaltige Tabelle).
- **Struktur (-, 3, 4):** Lernmodul: (beide) Pfeil-Kästen (rechts oben) ggf. mit einer 1x1-Tabelle umsetzen, um einen Umbruch der drei Bilder (Pfeile) zu unterbinden

- **Struktur (-, 3)**: Links in den Lernmodulen „Lernziele“ auf entsprechende Lernmoduleseiten setzen, wenn eine tabellenartige Darstellung (z.B. Signale) vorliegt → Unterstützung bei einer Signal-Suche
- **Struktur (-, 3, 4)**: Menüpunkt Prüfungsvorbereitung sollte auf Zwischen- und Abschlussprüfung verzweigen → Die beiden Prüfungen sind getrennt umgesetzt.
- **Struktur (0, -)**: Das Kopfménü für die Lernmodule ist in Ordnung.
- **Bildverwendung (-, 3)**: Ein Bild je Seite sollte angestrebt werden.
- **Animationsverwendung (0, -)**: Die Animation der Dampflok ist in Ordnung.
- **Hinweise zur Struktur (-, -)**: Bei der Usability-Untersuchung mit den Schülern soll darauf geachtet werden, ob die Schüler den Themenüberblick (unberechtigterweise) freischalten. → In der Version 9 ist die Freischaltung zwar umgesetzt, jedoch der Zugriff nur auf einzelne Lernmodule erlaubt.

Experten V

- **Lernmoduleseiten (-, 3, 4)**: Das Menü soll auch beim Scrollen sichtbar bleiben.
- **Lernmoduleseiten (-, 2, 3)**: Es sollte einen stärkeren Bezug auf konkrete Menschen geben, z.B. eine konkrete Person als Zugführer (mit Armbinde).
- **Lernmoduleseiten (-, 2)**: Die Textlastigkeit könnte durch aufklappbare Textüberschriften subjektiv reduziert werden.

Anhang E

Problematische Expertenempfehlungen

Dieser Anhang stellt nicht umgesetzte oder unklare Empfehlungen der Experten dar.

Notationsschema: **Quelle bzw. Seite (Priorität nach Nielsen)**: Empfehlung des Experten, ggf. „→“ Begründung bei Nichtumsetzung

Experte R

1. Fachliche Inhalte

- **Startseite (0)**: Schlüsselwörter in den Fragen fett markieren → Die Seite würde zu unübersichtlich.
- **Optionen-Löschen der Feedbackstatistik (2)**: unklare Formulierung: „Nach längerer Lernpause gehen viele Lerninhalte in Vergessenheit. Deswegen ist eine Unterstützung durch Experten notwendig.“ → Die Aussage ist verständlich.
- **Optionen-Löschen aller gespeicherten Daten (2)**: Umformulierung: Der nächste Programmstart beginnt wieder bei der ersten Seite. → Die Aussage ist verständlich.
- **Beschreibungen (2)**: Begriff „Novizen“ ersetzen durch Nutzer → Der Begriff Novize wird als Fachbegriff in der Dissertation verwendet.
- **Beschreibungen (2)**: Plural verwenden: did. Lernmodulkonzepte → Das Konzept wird als Einheit betrachtet.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen, Seite 1 (0)**: Ersetze „zum Arbeitsbeginn“ durch „vor und nach dem Arbeitsbeginn“ → Die ursprüngliche Aussage genügt.

- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 1 (0): Ersetze „Was wird mir in einem Übergabegespräch mitgeteilt?“ durch „Was muss in einem Übergabegespräch mitgeteilt werden?“ → Die Erfahrungsperspektive in der Realität ist hier eher passiv.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 2 (0): Verwendung des Fdl-Namen „Peter Stelldichein“ → Die Software soll nicht witzig werden.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 2 (0): Ausrufezeichen nach „Achten Sie“ → Die Aussage soll sanfter vermittelt werden.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 2 (0): „... vom abzulösenden Fdl“ → Der Satz würde hierdurch zu kompliziert.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 2 (0): Eintritt in das Gebäude stärker betonen; „Stellwerkgebäude“ nennen → Diese Information ist hier unwichtig.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 2 (0): „Berechtigte“ kursiv markieren → Das Schriftbild würde zu sehr durcheinander erscheinen.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 2 (0): bei „Nachgehakt“: Es fehlt „vor der Übergabe“. → Die Aussage ist verständlich.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 3 (0): Abkürzungen nach den Begriffen erwähnen (Stw, DrSp usw.) → Für Stw nicht umgesetzt, da die Abkürzung fundamental beherrscht werden soll.
- **Regelbetrieb-Arbeitsbeginn-Einsehen von Unterlagen,**
Seite 4 (0): Ergänze bei Frage 5: „... alles erledigt ...“ → Die Aussage ist verständlich.
- **Regelbetrieb-Zugdurchfahrt ohne Halt: Sicherheitseinrichtungen-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS), Seite 2 (2):** Ergänzung: „Einstellmöglichkeit des Tf“ → Die Einstellmöglichkeit wird auf einer Folgeseite noch beschrieben.
- **Regelbetrieb-Zugdurchfahrt ohne Halt: Sicherheitseinrichtungen-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS), Seite 4 (2):** Link auf Bereichskennzeichen → Die Signale sind über das Menü jederzeit erreichbar.
- **Regelbetrieb-Zugdurchfahrt ohne Halt: Sicherheitseinrichtungen-Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS), Seite 5 (2):** Begriff „proprietary“ ersetzen → Dies ist ein gebräuchlicher Fachbegriff in der Technik.

- **Regelbetrieb-Zugdurchfahrt ohne Halt: Besondere Betriebsweisen: Ggl-Fahrt/Zugleitbetrieb, Seite 2 (2):**
Überprüfen: Wird die Kommunikation zwischen Arb und Fdl behandelt? → Dies ist z.T. in anderen Lernmodulen umgesetzt, könnte aber auch ggf. als Fall bei der Rp umgesetzt werden.
- **Regelbetrieb-Zugdurchfahrt ohne Halt: Besondere Betriebsweisen: Ggl-Fahrt/Zugleitbetrieb, Seite 4 (2):**
ZLB: „... und mehrere Z auf mehreren Z-Abschnitten fahren dürfen“ → Die neue Formulierung ist nicht eindeutig und nicht unbedingt nötig.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines, Seite 1 (2):** Ergänze bei Sicherheit „Betriebssicherheit und Verkehrstauglichkeit“ → Dies wird in einem anderen Lernmodul behandelt.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines, Seite 1 (2):** andere Formulierung für „sicher und schnell“ finden: „besonders genau und ... Diese werden für einen notwendigen Automatismus trainiert.“ → Die Formulierung passt besser.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines, Seite 1 (2):** Ersetze „... bewusst und konzentriert...“ durch „... bewusst, umfassend und überblickend...“ (Einstellungssache!) → Die Anbindung an die Theorie würde dann fehlen.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Allgemeines, Seite 1 (2):** Punkt 8: Verfestigung des Sicherheitsbewusstseins → Dies passt hier inhaltlich nicht hin.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 1 (2):** Ergänzung zu Nr. 1: Verlassen Sie sich auf Ihr Wissen aus den bisher gelernten Modulen und dem implementierten Wissen über den Umgang bei Gefahren. → Es könnte zu Nr 1 gehören, würde hier aber die Aussagekraft des bestehenden Satzes in Nr. 1 schmälern.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 1 (2):** Ergänze bei Nr. 6: Informationsweg durch ZF → Der ZF zählt bereits zu den erwähnten technischen Möglichkeiten.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 1 (2):** Umformulierung „Deshalb dokumentieren Sie ...“ → Die aktuelle Formulierung reicht aus.

- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 1 (2):** Ergänze bei Dokumentationspflicht: „z. B. im Zmb“ → Hier soll erst ein Überblick gegeben werden. Details erschweren diesen.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 1 (2):** Ersetzung: „Bei der Fehlersuche können Sie dadurch behilflich sein ...“, „Betrachten Sie das defekte System und versuchen Sie, Teile davon zu hinterfragen“, „... vorliegenden und ihnen zugänglichen Informationen“ und „Nach dem Prinzip einer analytischen Suche und dem anschließenden Ausschlussverfahren, können Sie Fehlerquellen konkretisieren“ → Die bisherigen Formulierungen sind eindeutig und kurz.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 1 (2):** Ersetzung: „Während Ihrer Arbeit können solche Situationen“ durch „... solche Defekte...“ → In den vorangehenden Fällen sind die Situationen bezeichnet.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 1 (2):** Ersetze „... keine Betriebsgefahr ... entsteht“ durch „... keine Betriebsgefahr... entstehen lässt“ → Die Betriebsgefahr kann nicht nur durch den Fdl ausgelöst werden.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 1 (2):** Ergänzung „kostenmindernde Fehlersuche“ → Der wirtschaftliche Aspekt soll nicht im Zentrum stehen.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 2 (2):** Ergänzung bei Fall 2: Dokumentation im Arbeits- und Störungsbuch: Bezug auf Spalten fehlt → Die Spalten haben eindeutige Überschriften.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 2 (2):** Ergänzung bei Fall 3: Info der Fahrgäste über Lautsprecher am Bstg (Wortlaut!) → Es gibt keinen vorgeschriebenen Wortlaut.
- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 2 (2):** Ergänzungen bei Fall 3: Vordruck des Befehls zeigen und richtig ausgefüllten Befehl zur Kontrolle einstellen → Der richtig ausgefüllte Befehl ist hier nicht umgesetzt, da die Regeln zum Ausfüllen an dieser Stelle zur Überlastung führen könnten.

- **Abweichungen-Einführung in die Abweichungen vom Regelbetrieb-Grundlagen, Seite 2 (2):** Ergänzung bei Fall 4: Beispiel für Baumdiagramm oder Mindmap → Das Baumdiagramm ist bereits beschrieben worden.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-drohende Gefahr, Seite 1 (2):** Ersetzung: „... drohende Gefahr zu vermeiden oder zu vermindern“ anstatt „... drohende Gefahr zu vermindern oder abzuwenden“ → Die ursprüngliche Formulierung ist klar und eindeutig.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-drohende Gefahr, Seite 2 (2):** ggf. Definition für Aufprall, Zusammenstoß, usw. ergänzen → Der Schwerpunkt soll auf der Ril 408 liegen.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen, Seite 1 (2):** Ergänzung: Abkürzungen (z. B. FeRT, BüT) stets ausschreiben. → Die Abkürzungen sind für die alltägliche Arbeit wichtig und der Fdl muss diese unbedingt kennen. Bei Unkenntnis ist der Lerneffekt durch das Nachschlagen möglicherweise größer.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen, Seite 1 (2):** Fachbegriff verwenden: „Tf-überwachte BÜ-Anlage“ → Die Lo-Anlage ist bereits der richtige Fachbegriff.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen, Seite 2 (2):** Fall: 2: „letzte Achse ... verlassen hat.“; ggf. Ausrufezeichen bei Aussagen verwenden; Begriff „räumen“ meiden wegen der Nähe zur Räumungsprüfung → Der Begriff „räumen“ ist hier der richtige Fachbegriff. Ausrufezeichen sollen vermieden werden, weil die Aussagen beruhigender sein sollen.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen, Seite 3 (2):** Ergänzung bei Fall 7: DET ausschreiben → Die Kurzbezeichnungen müssen vom Fdl beherrscht werden.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen, Seite 4 (2):** Streichung bei Fall 10: „betriebsbehindernd“ steichen → Der BÜ gilt als gestört. Die Betriebsbehinderung kann bereits starke Einschränkungen bedeuten (Fachbegriff).
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen, Seite 4 (2):** Ersetzung bei mehreren Fällen: Begriff „Fachkraft“ ersetzen durch genauere Bezeichnung, z. B. „Fachkraft LST“ → Fallweise oder regional unterschiedlich sind verschiedene Fachkräfte anzufordern.

- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen, Seite 4 (2):** Ersetzung bei Fall 19: „lokführer-überwachten Bahnübergang“ durch „Tf-überwachte Anlage“ → Die Lo-Anlage ist ein Fachbegriff.
 - **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörungen, Seite 4 (2):** Ergänzung bei Fall13: Tf über ZF informieren → Laut Fallbeschreibung nähert sich keine Fahrt.
2. Konsistenz: **Datei (2):** Abstände zwischen den Zeilen vergrößern → für die Bedienung mit der Maus ergäben sich größere Wege (Zeitverlust)
 3. Fehlermeldungen: **Startseite (1):** Wenn nicht OK gedrückt wird, sollte eine zeitabhängige Aufforderung, den Button zu drücken, erscheinen. → Die implementierte Benutzerführung genügt.
 4. Sonstiges: **Ausbildungskurs (1):** Bei einem Slash ein Leerzeichen lassen → Dies wäre grammatikalisch falsch.
 5. Unklar: **Abweichungen-Einführung-Allgemeines, Seite 1 (2):** Trainingsaufgabe: Abfrage von Tasten-Kurzbezeichnungen

Experte H

1. Fachliche Inhalte

- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Weichenstörung, Seite 1 (1):** Empfehlung: Begriff StüM (Ril 482) anstatt Gleismelder verwenden. → Im StüM befindet sich der Gleismelder.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Signalstörung, Seite 1 (2):** Ergänzung: Welche Fahrtmelder überwachen welche Signale? (z. B. Zs3 am Hauptsignalmast) → Dies wird in einem nachfolgenden Lernmodul erwähnt.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Signalstörung, Seite 1 (3):** Bei allen Signalstörungen ertönt die Hupe. → Dies wird in einem nachfolgenden Lernmodul erwähnt.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Signalstörung, Seite 2 (0):** Empfehlung: ggf. Fall ergänzen: Hauptrot ist dunkel und keine Fahrtstellung mehr möglich. → Dies wird in dieser Version noch nicht umgesetzt, kann aber zukünftig einfließen.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung, Seite 3 (0):** Empfehlung für Fall 7: Fall mit SESAM ausprobieren; ggf. mit der Automatiksperrtaste den BÜ sperren und dann HAT betätigen → Dies muss zukünftig ausgetestet werden, soll aber hier noch nicht implementiert werden.

- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Bahnübergangsstörung, Seite 3 (0):** Empfehlung: Hektometerangaben stets auf 3 Nachkommastellen angeben (km 30,300) → Die kürzere Form ist besser lesbar.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung, Seite 2 (3):** Fall 3: komplette Frage ggf. aussparen, weil die Tasten unbekannt sind. → Die Anlage kann veraltet sein und sollte nicht deswegen allein ausgespart bleiben.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung, Seite 3 (0):** Anmerkung: Fall 6: Gleis kann besetzt sein. → Es ist keine Änderung nötig, weil die Situationsbeschreibung des Falles eindeutig ist.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung, Seite 3 (0):** Anmerkung: Fall 6. ASpM; Auswirkung nur auf nachfolgende Sbk → Es ist keine Änderung nötig.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung, Seite 3 (1):** Empfehlung: Fall 7: „Hauptsignalbedienung“ umformulieren → Die Stelle wird nicht geändert, weil sie inhaltlich klar und so besser verständlich ist.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung, Seite 4 (3):** Ergänzung: Fall 12: Antwort 3 fehlt. → Der Fall ist einfach und soll selbst erarbeitet werden.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung, Seite 4 (1):** Ersetzung: Fall 14: letzter Satz blauer Kasten: HaGT überarbeiten → Die Stelle braucht nicht geändert werden.
- **Abweichungen-Räumungsprüfung, Seite 5 (3):** Ergänzung: Fall 35: Wenn BüP benachrichtigt sind und vorausgefahrener Z angekommen ist usw. → Das Part-Task-Training hat hier nur den Schwerpunkt auf der Räumungsprüfung.

2. Unklar

- **Regelbetrieb-besondere Rf-Weiche aufgefahren, Seite 2 (2):** Begriff „unbefahrbar“ verwenden anstatt „repariert“
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Weichenstörung, Seite 1 (3):** Dokumentation im Arbeits- und Störungsbuch
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Weichenstörung, Seite 1 (3):** Der Weichenlaufmelder bei Umformerbetrieb zeigt rotes Ruhelicht.
- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Fahrstraßenstörung, Seite 3 (2):** Empfehlung: Frage 3 bei Fall 3: Die Lösung fehlt.

- **Abweichungen-Innen- und Außenanlagen-Streckenblockstörung, Seite 3 (3):** Fall 5: Durchführung ohne Hauptsignalbedienung

Experten V

Vorbereitung auf die Zwischenprüfung : Die Inhalte sollten für die Schüler alternativ aufgeteilt werden in Rz und Gz → In der Berufsschule sind alle Themen zu behandeln.

Anhang F

Verglichene Layoutvarianten

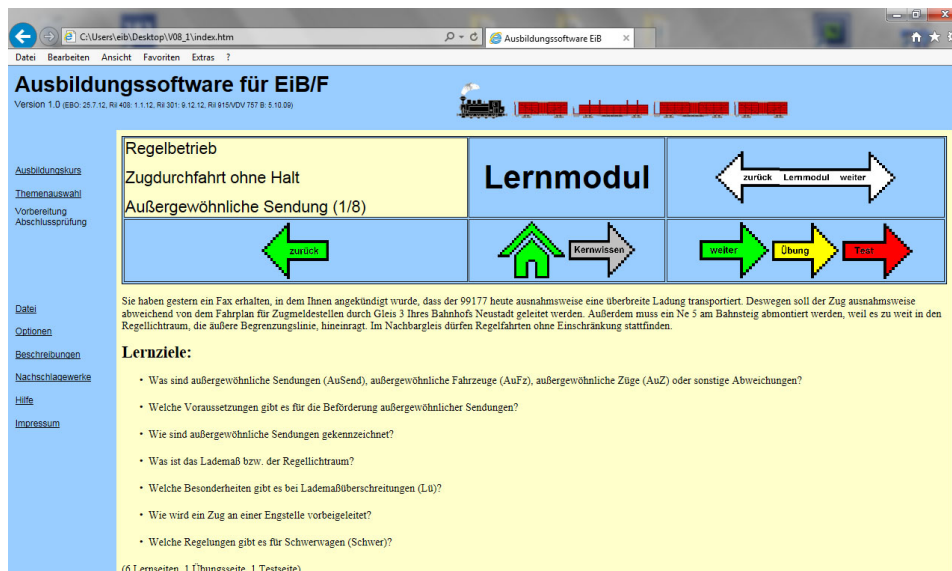


Abbildung F.1: Layout der Version 8.1

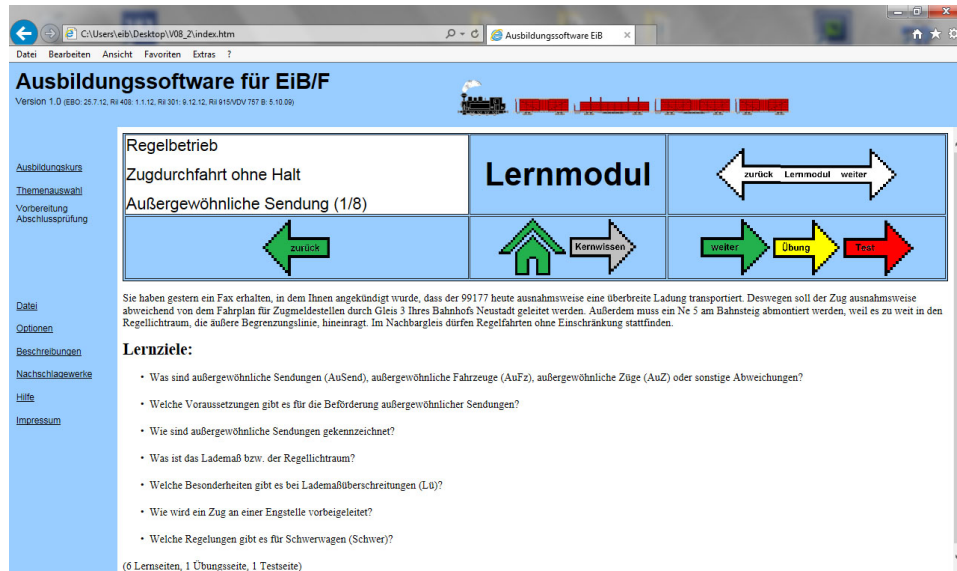


Abbildung F.2: Layout der Version 8.2

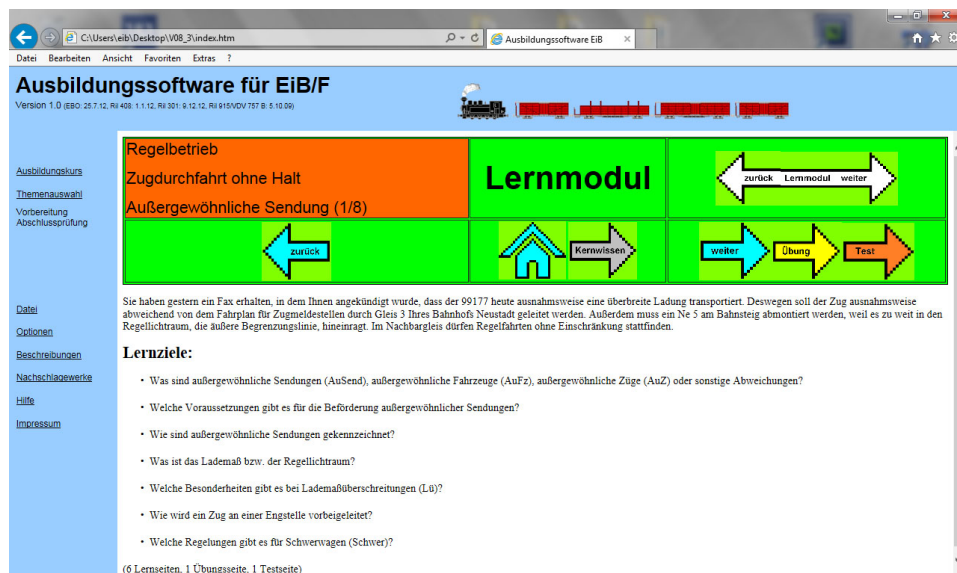


Abbildung F.3: Layout der Version 8.3

Anhang G

Inhalt der beiliegenden CD-ROM

0_Dissertation_Datei 141117_Dissertation_Biehounek.pdf

1_Rechtlicher_Ausbildungsrahmen

- 2004_Rahmenlehrplan_EIB.pdf
- 2004_Verordnung_Ausbildungsrahmenplan_EIB.pdf

2_Ausbildungssoftware

- Version_7_Fachinhalte
(Start der Software mit der Datei index.htm)
- Version_8-1_Layout
(Start der Software mit der Datei index.htm im Verzeichnis)
- Version_8-2_Layout
(Start der Software mit der Datei index.htm im Verzeichnis)
- Version_8-3_Layout
(Start der Software mit der Datei index.htm im Verzeichnis)
- Version_9_Funktionalitaet
(Start der Software mit der Datei index.htm im Verzeichnis)

3_Unterlagen_Expertentreffen-1

- 0_111211_Einladung_ArbeitsgruppeEiB.pdf
- 1_120105_DetaillierteZiele.pdf
- 1_120105_Lernvoraussetzungen_Vortrag.pdf
- 1_BeruflichesKompetenzmodell-Kl.pdf
- 2_Berufsbild.pdf
- 2_Berufsbild_Berufsbildungspedia.pdf

- 3_Fachkraft_Stellenangebote.pdf
- 4_Azubi_Stellenangebote.pdf
- 5_Lernvoraussetzungen_TN.pdf
- BIBB-2009_Statistik_Eingangsvoraussetzung.pdf
- BIBB-2011_Statistik_EiBF_71201801.pdf
- BIBB-2011_Statistik_EiBLT_71201802.pdf

4_Unterlagen_Expertentreffen-2

- DACUM0_Informationsmaterial_Grundlagen
- DACUM1_Informationsmaterial_Handlungen.pdf
- DACUM2_Arbeitsmaterial_Fachinhalte.pdf
Hinweis: Als Arbeitsmaterial ist hier die Variante mit den Handlungsfeldern und Fachinhalten zum Beginn des 2. Expertentreffens abgebildet. Diese wurden parallel zu deren Entwicklung geändert.
- DACUM3_Arbeitsmaterial_Basisitems.pdf
Hinweis: Als Arbeitsmaterial ist hier die Variante mit den Handlungsfeldern, Fachinhalten und Basisitems zum Beginn des 2. Expertentreffens abgebildet. Diese wurden parallel zu deren Entwicklung geändert.
- DACUM4_Feedback-Fragebogen.pdf
- Ergebnis0_120608_Handlungsfelder_Fachinhalte.pdf
- Ergebnis1_120608_Fachwissen_Detailinhalte.pdf
- Ergebnis2_120608_Fachinhalte_Komplexitaet.pdf
- Ergebnis3_120608_Fachinhalte_weitereEigenschaften.pdf
- Ergebnis4_120608_Basisitems.pdf
- Ergebnis5_120608_Basisitems_Komplexitaet.pdf
- Ergebnis6_120608_Basisitems_weitereEigenschaften.pdf
- Ergebnis7_130319_Experten-Feedback.pdf

5_BIBB-Abschlussbericht 131203_Abschlussbericht.pdf

6_Unterlagen_Usability-Untersuchung

- 130403_1_Handout_Experten.pdf
- 130403_2_Usability_Experte_Vordruck_Auszug.pdf
- 130403_3_FeedbackZweiteStufe_Kriterien-Small.pdf
- 130421_Gesamtüberblick_Usability_Schüler.pdf
- 131016_1_Vorkenntnisse.pdf

- 131016_2_EinführungÜbung_lautesDenken.pdf
- 131017_1_Vergleichstest.pdf
- 131023_1_Übung_lautesDenken.pdf
- 131024_1_Nutzer-Gesamtbewertung.pdf

7_Literaturdateien

- Berufsbildungspedia-2011_GenealogieAusbildungsprofil-EiB.pdf
- BIBB-2010_Initiative_Kompetenzdiagnostik.pdf
- BIBB-2011a_StatistikEiBF_71201801.pdf
- BIBB-2011d_Genealogie_EiBF.pdf
- BIBB-2013_51522011.pdf
- BITV.pdf
- Brand-2005_etal_bwpat8.pdf
- DB-2012a_flyer_berufsausbildung_eib_fahrweg_ablauf.pdf
- DB-2012b_bfv_tender-ausbildung_online1.pdf
- DeGEval-2008_Standards_kurz.pdf
- DIPF-2011_deu_Projektbeschreibung-Forschungsstand 3. Laufzeit_deutsch.pdf
- DQR-2011_130731_BMBF_DQR-Dokument_bf-1.pdf
- DQR-2013_131202_Liste der Qualifikationen-2(M3).pdf
- Grunau-2012_Berufsbildungs-pisa.pdf
- Heim-2006_DIN-EN-ISO9241-110_264_18_8b-UI.pdf
- Hopf-2011_Bildungsstandards-Oesterreich.pdf
- IBB-2013.pdf
- iqpr-2007_FB_2_2007.pdf
- KIBB-2003_a42_abschliessende-stellungnahme_4.0535.pdf
- Klug-2012_Systematik_berufsrelevanter_Kompetenzen.pdf
- KMK-2004.pdf
- Linek-2006_p483.pdf
- Niessen-2008_sonder08-niessenetal.pdf
- Pruemper-1993_Fraebogen-isonorm9241-10.pdf
- Siemens-2005_Konnektivismus.pdf
- Universität_Heidelberg-2010_F1965.pdf
- WAMMI-2013_Fragebogen.pdf
- Winther-2009_Webseite.pdf

Literaturverzeichnis

- Abele, S. und Gschwendtner, T. 2010. "Die computerbasierte Erfassung beruflicher Handlungskompetenz." *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* 39(1):14–17.
- Achtenhagen, F., Bendorf, M., Getsch, U. und Reinkensmeier, S. 2000. "Mastery learning in der Ausbildung von Industriekaufleuten." *Zeitschrift für Pädagogik* 46(3):373–394.
- Achtenhagen, F. und Winther, E. n. d. Fachdidaktische Perspektiven der Kompetenzmessung - am Beispiel des kaufmännisch-verwaltenden Bereichs. In: *O. Zlatkin-Troitschanskaia, Hrsg. 2011. Stationen Empirischer Bildungsforschung: Traditionslinien und Perspektiven.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 352–367.
- Ackerman, P. L. 1992. "Predicting Individual Differences in Complex Skill Acquisition: Dynamics of Ability Determinants." *Journal of Applied Psychology* 77(5):598–614.
- Aldrich, C. 2005. *Learning by Doing.* San Francisco: Pfeiffer.
- Alessi, S. M. und Trollip, S. R. 1991. *Computer-Based Instruction.* 2. Aufl. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Alessi, S. M. und Trollip, S. R. 2001. *Multimedia for learning: methods and development.* 3. Aufl. Boston: Allyn and Bacon.
- Allgäuer, R. 1997. *Evaluation macht uns stark!* 2. Aufl. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Alten, S. R. n. d. Production of Audio Media. In: *T. Plomp und D. P. Ely, Hrsg. 2008. International Encyclopedia of Educational Technology.* Bingley: Emerald Group Publishing. S. 208–213.
- Anderson, J. R. 2013. *Kognitive Psychologie.* 7. Aufl. Berlin: Springer VS.
- Andrews, D. H. und Goodson, L. A. 1980. "A comparative analysis of models of instructional design." *Journal of Instructional Development* 3(4):2–16.

- Arnold, F. 2004. *Computerbasierte Lernumgebungen zur Unterstützung selbstgesteuerter Lernprozesse*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Arnold, H.-J., Apel, W., Hahn, H., Krautheim, K., Linsel, M, Manschewski, H.-W., Schünemann, R. und Uhlig, J. 1987. *Eisenbahnsicherungstechnik*. 4. Aufl. Berlin: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen.
- Arnold, K.-H. n. d. Lehren und Lernen. In: *K.-H. Arnold, U. Sandfuchs und J. Wiechmann, Hrsg. 2009. Handbuch Unterricht*. 2. Aufl. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. S. 30–37.
- Arnold, P. 2001. *Didaktik und Methodik telematischen Lehrens und Lernens*. Münster: Waxman Verlag.
- Arnold, P., Killian, L., Thilosen, A. und Zimmer, G. 2011. *Handbuch E-Learning*. 2. Aufl. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Aronson, D. T. und Briggs, L. J. n. d. Contributions of Gagné and Briggs to a Prescriptive Model of Instruction. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1983. Instructional-design theories and models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. Kapitel 4.
- Ayres, P. und Sweller, J. n. d. The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 8.
- Baddeley, A. D. 1999. *Essentials of Human Memory*. Hove: Psychology Press Ltd.
- Baethge, M. n. d. Ein europäisches Berufsbildungs-PISA als politisches und methodisches Projekt. In: *D. Münk und A. Schelten, Hrsg. 2010. Kompetenzermittlung für die Berufsbildung. Verfahren, Probleme und Perspektiven im nationalen, europäischen und internationalen Raum*. Bielefeld: Bertelsmann. S. 19–36.
- Baethge, M., Achtenhagen, F., Arends, L., Babic, E., Baethge-Kinsky, V. und Weber, S. 2006. *Berufsbildungs-PISA: Machbarkeitsstudie*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Ballstaedt, S.-P. 1997. *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Bauer, W. n. d.a. Analyse und Diagnose beruflicher Kompetenz- und Arbeitsorientierung als 'neue' curricular-didaktische Leitidee - ein Vergleich internationaler Konzepte zur Arbeitsanalyse und Curriculumentwicklung. In: *M. Fischer und G. Spöttl, Hrsg. 2008. Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Band 3*. Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 214–246.

- Bauer, W. n. d.b. Entwicklungsstand und Herausforderungen der empirischen Berufsschullehrerforschung - grundlegende Überlegungen zur Weiterentwicklung der Aus-, Fort- und Weiterbildung von berufsbildenden Lehrkräften. In: *F. Eicker, Hrsg. 2007. Perspektive Berufspädagoge!? Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. S. 388–407.*
- Baumert, J. und Kunter, M. 2006. "Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften." *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9(4):469–520.
- Baumgartner, P. n. d. Blended Learning Arrangements. In: *U. Beck, W. Sommer und F. Siepmann, Hrsg. 2008. E-Learning and Wissensmanagement. Jahrbuch 2008. Karlsruhe: KKA Karlsruhe. S. 10–17.*
- Baumgartner, P., Häfele, H. und Maier-Häfele, K. n. d. Evaluationsverfahren für den Vergleich virtueller Lernplattformen. In: *H. Apel und S. Kraft, Hrsg. 2003. Online lehren. Planung und Gestaltung netzbasierter Weiterbildung. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. S. 219–236.*
- Bayrhuber, M., Leuders, T., Bruder, R. und Wirtz, M. n. d. Repräsentationswechsel beim Umgang mit Funktionen - Identifikation von Kompetenzprofilen auf der Basis eines Kompetenzstrukturmodells. In: *E. Klieme, D. Leutner und M. Kenk, Hrsg. 2010. Kompetenzmodellierung. Weinheim: Beltz Verlag. S. 28–39.*
- Beaton, A. E. und Allen, N. L. 1992. "Interpreting scales through scale anchoring." *Journal of Educational Statistics* 17(2):191–204.
- Beck, B., Bundt, S. und Gomolka, J. n. d. Ziele und Anlage der DESI-Studie. In: *E. Klieme, W. Eichler, A. Helmke, R. H. Lehmann, G. Nold, H.-G. Rolff, K. Schröder, G. Thomé und H. Willenberg, Hrsg. 2008. Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch. Weinheim: Beltz Verlag. Kapitel 2.*
- Becker, M. n. d.a. Der Elchtest für die Qualität von Items zur Erfassung beruflicher Kompetenz. In: *M. Fischer, M. Becker und G. Spöttl, Hrsg. 2011. Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung - Probleme und Perspektiven. Band 7. Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 75–92.*
- Becker, M. n. d.b. Wie lässt sich das in Domänen verborgene 'Facharbeiterwissen' erschließen? In: *M. Becker, M. Fischer und G. Spöttl, Hrsg. 2010. Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Band 5. Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 54–65.*
- Berg, G. A. 2003. *The knowledge medium: Designing Effective Computer-Based Learning Environments.* Hershey: Information Science Publishing.

- Berufsbildungspedia. 2011. [HTML] online verfügbar unter: <<http://www.berufsbildungspedia.de>> [zuletzt abgerufen am 15.8.2011].
- BIBB. 2010. *Kompetenzdiagnostik in der Berufsbildung*. [PDF] Bonn: BIBB. online verfügbar unter: <[http://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/bwp/show/id/6142/Initiative Kompetenzdiagnostik.pdf](http://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/bwp/show/id/6142/Initiative%20Kompetenzdiagnostik.pdf)> [zuletzt abgerufen am 19.5.2012].
- BIBB. 2011a. *BIBB-Datenblatt 712018 Eisenbahner/-in im Betriebsdienst FR Fahrweg(IH)*. [PDF] Bonn: BIBB. online verfügbar unter: <[http://www2.bibb.de/tools/aab/aab info.php? key=76zf85iu](http://www2.bibb.de/tools/aab/aab%20info.php?key=76zf85iu)> [Zuletzt abgerufen am 4.1.2012].
- BIBB. 2011b. *Genealogie. Eisenbahner/-in im Betriebsdienst (IH)*. Köln: BIBB. [HTML] (zuletzt aktualisiert am 15.8.2011) online verfügbar unter: <<http://www2.bibb.de/z/genealogie/html/b0255.html>> [zuletzt abgerufen am 21.12.2013].
- BIBB. 2013. *BIBB-Datenblatt 51522011 Eisenbahner/-in im Betriebsdienst FR Fahrweg(IH)*. [PDF] Bonn: BIBB. online verfügbar unter: <[http://www2.bibb.de/tools/db aws/dtazub 2.php? execute=1](http://www2.bibb.de/tools/db%20aws/dtazub%202.php?execute=1)> [zuletzt abgerufen am 19.12.2013].
- Blings, J. n. d. Ein Instrumentarium zur empirischen Erforschung informeller Lernprozesse. In: *M. Fischer und G. Spöttl, Hrsg. 2008. Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Band 3.* Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 184–196.
- Blömeke, S. n. d. Voraussetzungen bei der Lehrperson. In: *K.-H. Arnold, U. Sandfuchs und J. Wiechmann, Hrsg. 2009. Handbuch Unterricht.* 2. Aufl. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 24.
- Bloom, B. 1956. *Taxonomy of educational objectives: Handbook I, The cognitive domain*. New York: David McKay and Co.
- Bloom, B. S. n. d. Mastery Learning. In: *J. H. Holt und P. W. Airasian, Hrsg. 1971. Mastery learning: theory and practice.* New York: Holt, Rinehart and Winston. S. 47–63.
- Bönsch, M. 2010. *Nachhaltiges Lernen durch Üben und Wiederholen*. 2. Aufl. Hohengehren: Schneider Verlag.
- Boekaerts, M. 1999. “Self-regulated learning: Where we are today.” *International Journal of Educational Research* 31(6):445–457.
- Bojanowski, A. und Ratschinski, R. n. d. Lernvoraussetzungen und Lernschwierigkeiten Jugendlicher in der beruflichen Bildung. In: *R. Nickolaus,*

- G. Pätzold, H. Reinisch und T. Tramm, Hrsg. 2010. *Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. S. 84–87.
- Brand, W., Hofmeister, W. und Tramm, T. 2005. “Auf dem Weg zu einem Kompetenzstufenmodell für die berufliche Bildung - Erfahrungen aus dem Projekt ULME.” *bwp@ - Berufs- und Wirtschaftspädagogik online*; online verfügbar unter: <http://www.bwpat.de/ausgabe8/brand_et_al_bwpat8.shtml> [Zuletzt abgerufen am 4.5.2014]; 5(8):1–21.
- Breuer, K. 2006. “Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung. Eine Zwischenbilanz.” *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 102(2):194–210.
- Breuer, K. n. d. Leistungsbewertung und Unterrichtsevaluation. In: R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch und T. Tramm, Hrsg. 2010. *Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. S. 195–201.
- Bromberger, N. und Schweers, C. n. d. Untersuchungen des Lernverhaltens im Modellversuch MERCUR. In: F. H. Esser und M. Twardy, Hrsg. 2003. *Lernen - online -Ergebnisse aus dem Modellversuch MERCUR*. Paderborn: Eusl-Verlagsgesellschaft. S. 3–30.
- Bruner, J. S. 2009. *The Process of Education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruns, B. und Gajewski, P. 2002. *Multimediales Lernen im Netz*. 3. Aufl. Berlin: Springer-Verlag.
- Bétrancourt, M. n. d. The Animation and Interactivity Principles in Multimedia Learning. In: R. E. Mayer, Hrsg. 2005. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 18.
- Bétrancourt, M. und Tversky, B. 2000. “Effect of computer animation on users’ performance: A review.” *Le travail Humain* 63(4):311–330.
- Callison, D. und Preddy, L. 2006. *The Blue Book on Information Age Inquiry, Instruction and Literacy*. Westport: Libraries Unlimited.
- Cantaluppi, V. 2007. *Analyse des Lernerfolges bei Online-Übungen*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- Carroll, J. M. und Aaronson, A. P. n. d. Learning by Doing With Simulated Intelligent Help. In: E. Barrett, Hrsg. 1989. *The Society of Text: Hypertext, Hypermedia, and the Social Construction of Information*. Cambridge: MIT Press. S. 423–452.
- Chen, C. und Rada, R. 1996. “Interacting with hypertext: A meta-analysis of experimental studies.” *Human-Computer Interaction* 11(2):125–156.

- Clark, R. C. und Mayer, R. E. 2002. *E-Learning and the Science of Instruction*. San Francisco: Jossey-Bass/Pfeiffer.
- Clark, R. E. und Elen, J. n. d. When Less Is More: Research and Theory Insights about Instruction for Complex Learning. In: *J. Ellen und R. E. Clark, Hrsg. 2006. Handling Complexity in Learning Environments*. Amsterdam: Elsevier. S. 283–295.
- Clark, R. E., Howard, K. und Early, S. n. d. Motivational Challenges Experienced in Highly Complex Learning Environments. In: *J. Ellen und R. E. Clark, Hrsg. 2006. Handling Complexity in Learning Environments*. Amsterdam: Elsevier. Kapitel 2.
- Clement, U. 2008. *U. Clement und A. Piotrowski, Hrsg. Kompetenz zwischen Potenzial und Standard*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Clement, U. n. d. a. Kernkompetenzen und der Kern der Kompetenz. In: *U. Clement und R. Arnold, Hrsg. 2002. Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung*. Opladen: Leske + Budrich. S. 7–10.
- Clement, U. n. d. b. Selecting and Structuring Vocational Training Contents. In: *L. Weigel und InWent- Capacity Building International, Hrsg. 2005. Aus der Praxis der beruflichen Bildung. Nr. 12*. Mannheim: InWent. S. 8–30.
- Collins, A. und Stevens, A. L. n. d. A Cognitive Theory of Inquiry Teaching. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1983. Instructional-design theories and models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. Kapitel 8.
- Comai, S. und Mazza, D. n. d. Usability Assessment of a Multimodal Visual-Haptic Framework for Chemistry Education. In: *P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque und M. Winckler, Hrsg. 2011. Human-Computer Interaction - INTERACT 2011. Part IV*. Heidelberg: Springer. S. 648–651.
- Corno, L. und Randi, J. n. d. A Design Theory for Classroom Instruction in Self-Regulated-Learning? In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1999. Neudruck 2009. Instructional-design theories and models. Band 2*. New York: Routledge. Kapitel 13.
- Cox, R. n. d. Exploratory learning from computer-based systems. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments*. Berlin: Springer Verlag. S. 405–420.
- Cramer, C. n. d. Kompetenzerwartungen Lehramtsstudierender. Grenzen und Perspektiven selbsteingeschätzter Kompetenzen in der Lehrerbildungsforschung. In: *A. Gehrman, U. Hicks und M. Lüders, Hrsg. 2010*.

- Bildungsstandards und Kompetenzmodelle*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 6.
- Cronbach, L. J. n. d. How can instruction be adapted to individual differences? In: *R. M. Gagné, Hrsg. 1967. Learning and individual differences. Deutsch übersetzt in R. Schwarzer und K. Steinhagen (1975). Adaptiver Unterricht*. München: Kösel. S. 42–58.
- DB. 2012. *Ril 408.01-08: Züge fahren und Rangieren*. [PDF] Karlsruhe: dzd. online verfügbar unter: <fahrweg.dbnetze.com/file/3179916/data/rw408.01_09-bekanntgabe_11.pdf> zuletzt abgerufen am 3.11.2013.
- DB. 2012a. *Ausbildungsberuf Eisenbahner/in im Betriebsdienst, Fachrichtung Fahrweg*. [PDF] Deutsche Bahn. (zuletzt aktualisiert am 30.1.2012) online verfügbar unter: <http://www.deutschebahn.com/file/2243916/data/flyer_berufsausbildung_eib_fahrweg_ablauf.pdf> [zuletzt abgerufen am 25.8.2012].
- DB. 2012b. *Qualifizierung. Fachwirt für den Fahrbetrieb*. [PDF] Berlin: Bahn Fachverlag. (zuletzt aktualisiert im August 2012) online verfügbar unter: <<http://www.deinebahn.de/tender/akademische-erstausbildung-berufliche-zukunft-im-System-Bahn>> bfv tender-ausbildung online1.pdf [zuletzt abgerufen am 19.12.2013].
- DeGEval. 2008. *standards für Evaluation*. [PDF] Mainz: DeGEval. [zuletzt aktualisiert: 9.11.12] online verfügbar unter: <<http://www.degeval.de/publikationen/standards-fuer-evaluation-kurz.pdf>> [zuletzt abgerufen am 3.1.2014].
- Deitmer, L. n. d. Was lernen wir aus Modellversuchen und Forschungsprojekten zur Professionalisierung von Berufsschullehrern/-lehrerinnen und Auszubildenden? In: *F. Eicker, Hrsg. 2007. Perspektive Berufspädagoge!?* Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. S. 385–387.
- DeMars, C. 2010. *Item response theory*. Oxford: Oxford University Press.
- DiPaolo, R. E., Graesser, A. C., White, H. A. und Hacker, D. J. n. d. Hints in Human and Computer Tutoring. In: *M. Rabinowitz, F. C. Blumberg und H. T. Everson, Hrsg. 2010. The Design of Instruction and Evaluation*. New York: Routledge. Kapitel 9.
- DIPF. 2011. *DFG-Schwerpunktprogramm. Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen*. [PDF] Duisburg: DIPF. online verfügbar unter: <http://Kompetenzmodelle/dipf.de/pdf/deu_Projektbeschreibung-Forschungsstand_3_Laufzeit_deutsch.pdf> [zuletzt abgerufen am 19.12.2013].

- Domagk, S. 2008. *Pädagogische Agenten in multimedialen Lernumgebungen. Wissensprozesse und digitale Medien. Band 9.* Berlin: Logos Verlag.
- DQR, AK. 2011. *DQR. Liste der zugeordneten Qualifikationen.* [PDF] verabschiedet vom Arbeitskreis Deutscher Qualifikationsrahmen (AK DQR) am 22.3.2011. online verfügbar unter: <<http://www.deutscherqualifikationsrahmen.de>>. 130731 BMBF DQR Dokument bf-1.pdf [zuletzt abgerufen am 21.12.13].
- DQR, AK. 2013. *Deutscher Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen.* [PDF] aktualisiert vom Arbeitskreis Deutscher Qualifikationsrahmen (AK DQR) am 1.8.2013. online verfügbar unter: <<http://www.deutscherqualifikationsrahmen.de>>. 131202 Liste der Qualifikationen-2(M3).pdf [zuletzt abgerufen am 21.12.13].
- Drewniak, U. 1992. *Lernen mit Bildern in Texten.* New York: Waxman.
- Dreyfus, H. und Stuart, E. 1987. *Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition.* Reinbek: Rowolth.
- Duchastel, P. n. d. Learnability. In: *C. Ghaoui, Hrsg. 2003. Usability Evaluation of Online Learning Programs.* London: Information Science Publishing. Kapitel XVI.
- Duckwitz, A. und Leuenhagen, M. n. d. Usability und E-Learning - Rezeptionsforschung für die Praxis. In: *D. Carstensen und B. Barrios, Hrsg. 2004. Campus 2004.* Münster: Waxman. S. 36–45.
- Eggan, G. M. und Lesgold, A. M. n. d. Modelling requirements for intelligent training systems. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments.* Berlin: Springer Verlag. S. 97–111.
- Egle, M. und Dollmann, H. n. d. Qualifizierungskonzept im Office-Rollout: Viele Wege führen zum Ziel. In: *U. Dittler, Hrsg. 2011. E-Learning.* 3. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 15.
- Elen, J. und Clark, R. E. n. d. Setting the Scene: Complexity and Learning Environments. In: *J. Elen und R. E. Clark, Hrsg. 2006. Handling Complexity in Learning Environments.* Amsterdam: Elsevier. S. 1–11.
- Engelkamp, J. und Zimmer, H. D. 2006. *Lehrbuch der Kognitiven Psychologie.* Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Ernst, F. 2012. "Illustrationen in Rechnungswesenbüchern." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 108(1):63–81.
- Erpenbeck, J. und von Rosenstiel, L. 2007. *Hrsg. Handbuch Kompetenzmessung.* 2. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.

- Euler, D., Holz, H. und Zimmer, G. 1992. *Hrsg. Didaktik des computerunterstützten Lernens: Praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen*. 1. Aufl. Nürnberg: BW Bildung und Wissen.
- Everson, H. T. n. d. Intelligent Tutors Need Intelligent Measurement, or the Other Way 'Round. In: *M. Rabinowitz, F. C. Blumberg and H. T. Everson, Hrsg. 2004. The Design of Instruction and Evaluation*. New York: Routledge. Kapitel 10.
- Fenner, W., Naumann, P. und Trinckauf, J. 2004. *Bahnsicherungstechnik*. 2. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH-Verlag.
- Fietz, G., Mouillour, I. Le und Reglin, T. 2008. *H. Loebe und E. Severing, Hrsg. ECVET - Einführung eines Leistungspunktesystems für die Berufsbildung*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Flender, J. 2002. *Didaktisches Audio-Design. Musik als instruktionales Gestaltungsmittel in hypermedial basierten Lehr-Lern-Prozessen*. Lengerich: Pabst.
- Franke, G. 2005. *Facetten der Kompetenzentwicklung*. Bonn: W. Bertelsmann.
- Friedemann, H.-J. und Schroeder, J. 2000. *Von der Schule ... ins Abseits? Untersuchungen zur beruflichen Eingliederung benachteiligter Jugendlicher. Wege aus der Ausbildungskrise*. Vaas: C and S Verlag.
- Fullerton, T. 2008. *Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games*. 2. Aufl. Amsterdam: Elsevier.
- Furtado, E., Vasco Furtado, J. J., Lincoln Mattos, F. und Vanderdonckt, J. n. d. Improving Usability of an Online Learning System by Means of Multimedia, Collaboration and Adaptation Resources. In: *C. Ghaoui, Hrsg. 2003. Usability Evaluation of Online Learning Programs*. London: Information Science Publishing. Kapitel IV.
- Gabele, E. und Zürn, B. 1993. *Entwicklung interaktiver Lernprogramme. Bd. 1: Grundlagen und Leitfaden*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Gagné, R. M. 1977. *The Conditions of learning*. 3. Aufl. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Gardner, H. 2011. *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. 3. Aufl. Philadelphia: Basic Books.
- GDBA, Verkehrsgewerkschaft. 1997. *Hrsg. Arbeitsbuch EiB. Sp Dr 60 - Regelbetrieb*. Frankfurt a. M.: GDBA.

- GDBA, Verkehrsgewerkschaft. 1998. *Hrsg. Arbeitsbuch EiB. Sp Dr 60 - Störungen*. Frankfurt a. M.: GDBA.
- Geißel, B. n. d. Ein Kompetenzmodell für die elektrotechnische Grundbildung: Kriteriumsorientierte Interpretation von Leistungsdaten. In: *R. Nickolaus und H. Schanz, Hrsg. 2008. Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren. S. 121–141.
- Gerdes, H. n. d. Aufbereitung von Lehrmaterial für Online-Seminare. In: *H. Apel und S. Kraft, Hrsg. 2003. Online lehren. Planung und Gestaltung netzbasierter Weiterbildung*. Bielefeld: W. Bertelsman Verlag. S. 76–90.
- Glöckel, H. 2003. *Vom Unterricht: Lehrbuch der allgemeinen Didaktik*. 4. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Glowalla, U., Herder, M., Süße, C. und Koch, N. n. d. Methoden und Ergebnisse der Evaluation elektronischer Lernangebote. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen*. 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 25.
- Glötzl, H. 2000. *Prinzipien effektiven Unterrichts. Handbuch für die Erziehungs- und Unterrichtspraxis. Band 2*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Groeben, N. 1978. *Die Verständlichkeit von Unterrichtstexten*. 2. Aufl. Münster: Aschendorff.
- Gruber, H. n. d. Die Entwicklung von Expertise. In: *G. Franke, Hrsg. 2008. Komplexität und Kompetenz*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. S. 309–326.
- Grunau, J. und Splittstößer, S. n. d. *bb-Stichwort: Berufsbildungs PISA*. [PDF] eusl. online verfügbar unter: <<http://eusl.de/berufsbildung/?stichworte>> Link Berufsbildungs Pisa auf <http://eusl.de/berufsbildung/images/bb_stichwoerter/bb_berufsbildungs_pisa.pdf> [zuletzt abgerufen am 26.8.2012].
- Gschwendtner, T. n. d.a. Die Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker im Längsschnitt. Analysen zur Struktur von Fachkompetenz am Ende der Ausbildung und Erklärung von Fachkompetenzentwicklungen über die Ausbildungszeit. In: *R. Nickolaus und G. Pätzold, Hrsg. 2011. Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung*. Stuttgart: Steiner. S. 55–76.
- Gschwendtner, T. n. d.b. Raschbasierte Modellierung berufsfachlicher Kompetenz in der Grundbildung von KraftfahrzeugmechatronikerInnen. In: *K.*

- Breuer, T. Deissinger und D. Münk, Hrsg. 2008. *Probleme und Perspektiven der Berufs- und Wirtschaftspädagogik aus nationaler und internationaler Sicht*. Opladen: Budrich. S. 21–30.
- Gschwendtner, T., Geißel, B. und Nickolaus, R. n. d. Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung. In: E. Klieme, D. Leutner, M. Kenk, Hrsg. 2010. *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*. Weinheim: Beltz Verlag. S. 258–269.
- Göttingen, Universität. 2008. *Göttinger Wissenschaftler entwickeln Testmethoden für ein Berufsbildungs-Pisa*. Göttingen: Universität Göttingen. Presseinformation Nr. 171/2008, 18.07.2008. [HTML] online verfügbar unter: <<http://www.uni-goettingen.de/de/3240.html?cid=3032>> [zuletzt abgerufen am 25.8.2012].
- Götz, K. und Häfner, P. 1992. *Computerunterstütztes Lernen in der Aus- und Weiterbildung*. Weinheim: Deutscher Studienverlag.
- Gulikers, J. T. M., Bastiaens, T. J. und Martens, R. L. 2005. “The surplus value of an authentic learning environment.” *Computers in Human Behavior* 21(3):509–521.
- Guskey, T. R. n. d. Mastery Learning Models. In: T. Plomp und D. P. Ely, Hrsg. 2008. *International Encyclopedia of Educational Technology*. Bingley: Emerald Group Publishing. S. 340–346.
- Haasler, B. n. d. Berufliche Kompetenzen angehender Elektroniker - Zwischenergebnisse zur Kompetenzdiagnostik aus einem Schul-Modellversuch der Bundesländer Bremen und Hessen. In: M. Becker, M. Fischer und G. Spöttl, Hrsg. 2010. *Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Band 5*. Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 177–193.
- Haasler, B., Heinemann, L., Rauner, F., Grollmann, P. und Martens, T. n. d. Testentwicklung und Untersuchungsdesign. In: R. Arnold, P. Gonon und F. Rauner, Hrsg. 2009. *Messen beruflicher Kompetenzen. Band I*. 2. Aufl. Berlin: LIT Verlag Dr.W. Hopf. S. 103–146.
- Hager, W. und Westermann, R. 1986. “Zur Wirkungsweise von Zielvorgaben beim Lernen aus Texten.” *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 33(1):17–25.
- Hannafin, M., Land, S. und Oliver, K. n. d. Open Learning Environments: Foundations, Methods and Models. In: C. M. Reigeluth, Hrsg. 1999. *Neudruck 2009. Instructional-design theories and models. Band 2*. New York: Routledge. Kapitel 6.

- Hartig, J. n. d. Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In: *B. Beck und E. Klieme, Hrsg. 2007. Sprachliche Kompetenzen*. Weinheim: Beltz Verlag. S. 83–99.
- Hartig, J. und Höhler, J. 2008. “Representation of competencies in multidimensional IRT models with within-item and between-item multidimensionality.” *Zeitschrift für Psychologie* 216(2):89–101.
- Hartig, J. und Höhler, J. n. d. Modellierung von Kompetenzen mit mehrdimensionalen IRT Modellen. In: *E. Klieme, D. Leutner und M. Kenk, Hrsg. 2010. Kompetenzmodellierung*. Weinheim: Beltz Verlag. S. 189–198.
- Hartig, J., Jude, N. und Wagner, W. n. d. Methodische Grundlagen der Messung und Erklärung sprachlicher Kompetenzen. In: *E. Klieme, et al., Hrsg. 2008. Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch*. Weinheim: Beltz Verlag. Kapitel 3.
- Hartig, J. und Klieme, E. n. d. Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In: *K. Schweizer, Hrsg. 2006. Leistung und Leistungsdiagnostik*. Berlin: Springer. S. 127–143.
- Hecht, B. 2004. *Hrsg. Chemieberufe: Ausbildungsstrukturen und Kompetenzen*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Heckhausen, H. und Rheinberg, F. 1980. “Lernmotivation im Unterricht, erneut betrachtet.” *Unterrichtswissenschaft* 8(1):7–47.
- Hege, I., Adler, M. und Peter, S. n. d. CASUS: Ein fallbasiertes Lernsystem. In: *U. Dittler, Hrsg. 2011. E-Learning*. 3. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 6.
- Hegger, A., Marks-Fährmann, U. und Restetzki, K. 2014. *Grundwissen Bahn*. 7. Aufl. Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel.
- Heidelberg, Universität. 2010. *Toolbox Version 1.2. Instrumente zur Erfassung psychischer Belastungen*. baua (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin). [PDF]. online verfügbar unter: <<http://www.baua.de/Publikationen/Fachbeitraege/F1965.htm>> F1965.pdf [zuletzt abgerufen am: 23.12.2013].
- Heim, P. 2006. *DIN EN ISO 9241-110*. [PDF] P. Heim. online erhältlich unter: <http://www.vis.uni-stuttgart.de/plain/vdl/vdl_upload/264_18_8b-UI.pdf> [zuletzt abgerufen am 3.1.2014].
- Hofmann, L. 1999. “Welche beruflichen Kompetenzen brauchen wir im internationalen Schienenverkehr?” *Deine Bahn* 27(1):8–11.

- Holz auf der Heide, B. n. d. Welche software-ergonomischen Evaluationsverfahren können was leisten? In: *K.-H. Rödiger, Hrsg. 1993. Software-Ergonomie '93: Von der Benutzeroberfläche zur Arbeitsgestaltung: Gemeinsame Fachtagung des German Chapter of the ACM*. Leipzig: Teubner. S. 157–171.
- Holzinger, A. 2005. “Usability Engineering for Software Developers.” *Communication of the ACM* 48(1):71–74.
- Hopf, M. 2011. *Bildungsstandards NAWI 8: Chance und Risiko für Österreich*. [PDF] (zuletzt aktualisiert am 4.3.2011) Wien: Universität Wien. online verfügbar unter: <<http://pluslucis.univie.ac.at/FBW0/FBW2011/Material/Hopf.pdf>> [zuletzt abgerufen am 30.3.2014].
- Hoppe, M. und Frede, W. n. d. Berufliche Bildung und Neue Medien. In: *R. Busch, R. Ballier und S. Pacher, Hrsg. 2001. Schule, Netze und Computer. Aktualisierung 4* (november 2001) Aufl. Neuwied: Hermann Luchterhand Verlag. Kapitel 1003, S. 1–24.
- Iannarelli, B. n. d. Just-in-Time Training. In: *C. Howard, J. V Boettcher, L. Justice, K. Schenk, P. L. Rogers und G. A. Berg, Hrsg. 2005. Encyclopedia of Distance Learning. Vol. 3. Band 2*. London: Idea Group. S. 1167–1174.
- IBB. 2013. *Vergleichstests Berufsbildungspisa*. [HTML] Osnabrück: Redaktionsbüro diehl. online verfügbar unter: <<http://bildungsklick.de/a/87924/berufsbildungspisa-erste-ergebnisse>>, letzte Änderung: 20.12.2013, 15:28 Uhr, [zuletzt abgerufen am 22.12.2013].
- iqpr. 2007. *Assessmentinstrumente zur Teilhabeeinschätzung - ICF1-orientierte Online-Datenbank*. Köln: Institut für Qualitätssicherung in Prävention und Rehabilitation GmbH an der Deutschen Sporthochschule Köln. [PDF] Forschungsbericht Nr. 2. Online verfügbar unter: <http://www.iqpr.de/iqprweb/public/dokumente/forschung/publikationen/FB_2_2007.pdf> [zuletzt abgerufen am 25.12.2013].
- Irtel, H. 2011. *Hrsg. Wahrnehmungspsychologie*. 7. Aufl. Berlin: Springer Verlag.
- ISO. 1996. *Guidance on Usability*. [PDF] Genf: ISO. online erhältlich unter: <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=16883> [zuletzt abgerufen am 19.12.2013].
- Issing, L. J. n. d. Instruktions-Design für Multimedia. In: *L. J. Issing und P. Klimsa, Hrsg. 2002. Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. 3. Aufl. Weinheim: Psychologie Verlags Union. Kapitel 11.
- Ivers, K und Barron, A. E. 2006. *Multimedia Projects in Education*. 3. Aufl. Westport: Libraries unlimited.

- Jonas, W. 2001. *Elektronische Stellwerke bedienen*. Heidelberg: Eisenbahn-Fachverlag.
- Jonassen, D. n. d. Cognitive flexibility theory and its implications for designing CBI. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments*. Berlin: Springer Verlag. Kapitel 23.
- Jones, M. K., Li, Z. und Merrill, M. D. n. d. Implementing learner control in an automated instructional system. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments*. Berlin: Springer Verlag. S. 487–498.
- Jordan, A.-K., Knigge, J. und Lehmann-Wermser, A. n. d. Projekt KoMus: Entwicklung von Kompetenzmodellen in einem ästhetischen Fach. In: *A. Gehrmann, U. Hicks und M. Lüders, Hrsg. 2010. Bildungsstandards und Kompetenzmodelle*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 15.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. und Sweller, J. 2003. "The Expertise Reversal Effect." *Educational Psychologist* 38(1):23–31.
- Karoulis, A. und Pombortsis, A. n. d. Heuristic Evaluation of Web-Based ODL Programs. In: *C. Ghaoui, Hrsg. 2003. Usability Evaluation of Online Learning Programs*. London: Information Science Publishing. Kapitel V.
- Kauffeld, S. 2006. *Kompetenzen messen, bewerten, entwickeln*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Köck, M. 2004. *Drehbuchentwicklung rechnergestützter Lernprogramme*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Keller, J. M. n. d. a. Motivation in Instructional Design. In: *T. Plomp und D. P. Ely, Hrsg. 2008. International Encyclopedia of Educational Technology*. Bingley: Emerald Group Publishing. S. 169–172.
- Keller, J. M. n. d. b. Motivational Design of Instruction. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1983. Instructional-design theories and models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. Kapitel 11.
- Keller, J. M. und Kopp, T. W. n. d. An application of the ARCS model of motivational design. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1987. Instructional theories in action. Lessons illustrating selected theories and models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. S. 289–320.
- Keller, J. M. und Suzuki, K. n. d. Use of the ARCS motivation model in courseware design. In: *D. H. Jonassen, Hrsg. 1988. Instructional design for microcomputer courseware*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. S. 401–434.

- Kerkau, F. n. d. Usability-Testing zur Qualitätssicherung von Online-Lernangeboten. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen*. 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 26.
- Kerres, M. 1998. *Multimediale und telemediale Lernumgebungen: Konzeption und Entwicklung*. München: Oldenbourg.
- Kessels, J. W. M. und Smit, C. A. n. d. Job Analysis. In: *T. Plomp, D. P. Ely, Hrsg. 2008. International encyclopedia of educational technology*. 2. Aufl. Bingley: Emerald Group Publishing. S. 116–120.
- KIBB. 2003. *Kompetenzdiagnostik in der Berufsbildung, BIBB-Vorhaben 4.0535: Evaluation der Verkehrsberufe, insbesondere Kaufmann/Kauffrau für Verkehrsservice*. [PDF] Köln: B. Peppinghaus, peppinghaus@bibb.de. online verfügbar unter: <http://www.kibb.de/a42_abschlussende_stellungnahme_4.0535.pdf> bzw. <http://www.kibb.de/cps/rde/xbcr/kibb/a42_abschlussende_stellungnahme_4.0535.pdf> [zuletzt abgerufen am 15.8.2011. bzw. am 26.8.2012 (aus dem Cache)].
- Kinshuk, Lin, T. und Patel, A. n. d. User Adaptation in Supporting Exploration Tasks in Virtual Learning Environment. In: *J. Weiss, J. Nolan, J. Hunsinger und P. Trifonas, Hrsg. 2006. The International Handbook Of Virtual Learning Environments. Band I*. Dordrecht: Springer Kapitel 16.
- Kirakowski, J. 2013. *Fragebogen WAMMI: akademische Version*. [HTML] Cork: J. Kirakowski. online nur auf Antrag und passwortgeschützt verfügbar unter: <<http://hfrg.ucc.ie/questionnaires/wammi/de/>> [zuletzt abgerufen am 7.12.2013].
- Klauer, K. J. 1985. "Framework for a theory of teaching." *Teaching and Teacher Education* 1(1):5–17.
- Klauer, K. J. und Leutner, D. 2012. *Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie*. 2. Aufl. Weinheim: Beltz Verlag.
- Klieme, E. n. d. Systemmonitoring für den Sprachunterricht. In: *E. Klieme, W. Eichler, A. Helmke, R. H. Lehmann, G. Nold, H.-G. Rolff, K. Schröder, G. Thomé, H. Willenberg, Hrsg. 2008. Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch. Ergebnisse der DESI-Studie*. Weinheim: Beltz Verlag. Kapitel 1.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.E. und Vollmer, H. J. 2003. *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. Berlin: BMBF.
- Klieme, E., Leutner, D. und Kenk, M. 2010. *Hrsg. Kompetenzmodellierung*. Weinheim: Beltz Verlag.

- Klippert, H. 2012. *Methoden-Training. Übungsbausteine für den Unterricht*. 20. Aufl. Weinheim: Beltz.
- Klug, 2012. *Systematik berufsrelevanter Kompetenzen*. [PDF] online verfügbar unter: <[http://klug-md.de/downloads/Systematik berufsrelevanter Kompetenzen.pdf](http://klug-md.de/downloads/Systematik_berufsrelevanter_Kompetenzen.pdf)> [zuletzt abgerufen am 23.12.2013].
- Kluwe, R. und Haider, H. 1990. "Modelle zur internen Repräsentation komplexer technischer Systeme." *Sprache und Kognition* 9(4):173–192.
- KMK. 2004. *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Eisenbahner im Betriebsdienst/Eisenbahnerin im Betriebsdienst*. [PDF] Kultusministerkonferenz. online verfügbar unter: <<http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Eisenbahner.pdf>> [zuletzt abgerufen am 21.12.2013].
- KMK, Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. 1996. *Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe*. Bonn: KMK.
- Knöll, B., Gschwendtner, T., Nickolaus, R. und Ziegler, B. 2007. "Motivation in der elektrotechnischen Grundbildung." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 103(3):397–415.
- Knutzen, S. und Howe, F. n. d. E-Learning im Handwerk. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen*. 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 35.
- Knutzen, S., Howe, F. und Hägele, T. n. d. Arbeitsprozessorientierung in der Beruflichen Bildung: Analyse und Beschreibung von Arbeitsprozessen mit Hilfe der Arbeitsprozessmatrix. In: *M. Becker, M. Fischer und G. Spöttl, Hrsg. 2010. Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Band 5*. Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 90–110.
- Kohonen, T. 2001. *Self-Organizing maps*. New York: Springer.
- Koller, I., Alexandrowicz, R. und Hatzinger, R. 2012. *Das Rasch-Modell in der Praxis: Eine Einführung in eRm*. Wien: Facultas.
- Kosslyn, S. M. 1980. *Image and mind*. Cambridge: Harvard University Press.
- Krathwohl, D. R. 2002. "A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview." *Theory Into Practice* 41(4):212–218.

- Kremer, H.-H., Melke, K. und Sloane, P. F. E. n. d. Fächer- und Lernort-übergreifender Unterricht - Maßnahmen zur Förderung beruflicher Handlungskompetenz. In: *K. Beck und V. Krumm, Hrsg. 2001. Lehren und Lernen in der beruflichen Erstausbildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 95–114.
- Kulhavy, R. W., Stock, W. A. und Caterino, L. C. n. d. Reference maps as a framework for remembering text. In: *W. Schnotz und R. W. Kulhavy, Hrsg. 1994. Comprehension of graphics*. Vol. Band 108 Amsterdam: Elsevier. Kapitel 10.
- Kunina-Habenicht, O., Wilhelm, O., Matthes, S. und Rupp, A. A. n. d. Kognitive Diagnosemodelle: Theoretisches Potential und methodische Probleme. In: *E. Klieme, D. Leutner und M. Kenk, Hrsg. 2010. Kompetenzmodellierung*. Weinheim: Beltz Verlag. S. 75–85.
- Kunz, G. C. und Schott, F. 1987. *Intelligente Tutorielle Systeme: Neue Ansätze der computerunterstützten Steuerung von Lehr-/Lernprozessen*. Göttingen: Verlag für Psychologie Hogrefe.
- Landa, L. N. n. d. The Algo-Heuristic Theory of Instruction. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1983. Instructional-design theories and models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. Kapitel 6.
- Larson, K. und Czerwinski, M. 1998. *Web Page Design: Implications of Memory, Structure and Scent for Information Retrieval. Proceedings CHI '98 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computer Systems*. New York: ACM Press.
- Larusdottir, M. K. n. d. Usability Evaluation in Software Development Practice. In: *P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque und M. Winckler, Hrsg. 2011. Human-Computer Interaction - INTERACT 2011. Part IV*. Heidelberg: Springer. S. 430–433.
- Lauterbach, W. 1977. *Bedienen von Dr S 2-Stellwerken*. 2. Aufl. Mainz: Eisenbahn-Fachverlag.
- Ledford, B. R. und Sleeman, P. J. 2000. *Instructional Design: A Primer*. Greenwich: Information Age Publishing.
- Lee, J. 2010. “Tripartite growth trajectories of reading and math achievements: Tracking national academic progress at primary, middle, and high school levels.” *American Educational Research Journal* 47(4):800–832.
- Lehmann, R. 2010. *Lernstile als Grundlage adaptiver Lernsysteme in der Softwareschulung*. Münster: Waxmann.

- Lehmann, R. und Seeber, S. 2007. *Hrsg. ULME 3. Untersuchungen von Leistungen, Motivation und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der Berufsschulen*. Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.
- Lempert, W. 1998. *Berufliche Sozialisation oder was Berufe aus Menschen machen*. Hohengehren: Schneider Verlag.
- Lerpscher, C. n. d. Computer Assisted Learning for Test Paper Simulation at the Gladbacher Bank AG. In: *T. Bernold und J. Finkelstein, Hrsg. 1988. Computer Assisted Approaches to Training*. Amsterdam: North Holland. S. 159–162.
- Leutner, D. n. d.a. Adaptivität und Adaptierbarkeit beim Online-Lernen. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen*. 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 8.
- Leutner, D. n. d.b. Instruktionspsychologie. In: *D. H. Rost, Hrsg. 2010. Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. 4. Aufl. Weinheim: Beltz Psychologische Verlags Union. S. 289–298.
- Levin, A. und Arnold, K.-H. n. d. Selbstgesteuertes Lernen und selbstreguliertes Lernen. In: *K.-H. Arnold, U. Sandfuchs und J. Wiechmann, Hrsg. 2009. Handbuch Unterricht*. 2. Aufl. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 32.
- Lewis, C. 1982. *Using the thinking aloud method in cognitive interface design*. New York: Elsevier.
- Lewis, C. und Wharton, C. n. d. Cognitive walkthroughs. In: *M. Helander, T. K. Landauer und P. Prabhu, Hrsg. 1997. Handbook of Human-Computer Interaction*. New York: Elsevier Press. S. 689–704.
- Lieberman, A. 1995. “Practices that support teacher development: Transforming conceptions of professional learning.” *Phi Delta Kappa* 76.8:591–596.
- Linek, S., Gerjets, P. und Scheiter, K. 2006. *Speaker/Gender Effect: Impact of the Speaker’s Gender on Learning with Narrated Animations*. [PDF] online verfügbar unter: <<http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/proceedings/2006/docs/p483.pdf>> [zuletzt abgerufen am 31.12.2013].
- Lorenz, M. 2002. *Stellwerktechnik. Band 1*. Dresden: Dr. Manfred Lorenz (Eigenverlag).
- Lowe, R. K. 2003. “Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics.” *Learning and Instruction* 13(2):157–176.
- Mandl, H. und Fischer, F. 2000. *Hrsg. Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken*. Göttingen: Hogrefe.

- Maschek, U. 2012. *Sicherung des Schienenverkehrs*. Wiesbaden: Springer Verlag.
- Mautone, P. D. und Mayer, R. E. 2001. "Signaling as a cognitive guide in multimedia learning." *Journal of Educational Psychology* 93(2):377–389.
- Mayer, R. E. 1989. "Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text." *Journal of Educational Psychology* 81(2):240–246.
- Mayer, R. E. 2001. *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. n. d.a. Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 3.
- Mayer, R. E. n. d.b. Designing Multimedia Technology That Supports Human Learning. In: *M. Rabinowitz, F. C. Blumberg und H. T. Everson, Hrsg. 2004. The Design of Instruction and Evaluation*. New York: Routledge. Kapitel 3.
- Mayer, R. E. n. d.c. Introduction to Multimedia Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 1.
- Mayer, R. E. n. d.d. Principles for Managing Essential Processing in Multimedia Learning: Segmenting, Pretraining, and Modality Principles. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 11.
- Mayer, R. E. n. d.e. Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 12.
- Mayer, R. E. n. d.f. Principles of Multimedia Learning Based on Social Cues: Personalization, Voice, and Image Principles. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 13.
- Mayer, R. E. und Anderson, R. B. 1991. "Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis." *Journal of Educational Psychology* 83(4):484–490.
- Mayer, R. E. und Chandler, P. 2001. "When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages?" *Journal of Educational Psychology* 93(2):390–397.

- Mayring, P. n. d. Klassifikation einer Beschreibung einzelner Emotionen. In: *U. Dittrich und P. Mayring. 1992. Psychologie der Emotionen. Reihe: Grundriß der Psychologie. Band 5.* Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer. Kapitel 7.
- Mücke, W. 2006. *Betriebsleittechnik im öffentlichen Verkehr.* 2. Aufl. Darmstadt: Tetzlaff-Verlag.
- McKendree, J. 1990. "Effective feedback content for tutoring complex skills." *Human-Computer Interaction* 5(4):381–413.
- Merrill, M. D. n. d.a. Component Display Theory. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1983. Instructional-design theories and models.* Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. Kapitel 9.
- Merrill, M. D. n. d.b. Instructional Transaction Theory (ITT): Instructional Design Based on Knowledge Objects. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1999. Neudruck 2009. Instructional-design theories and models. Band 2.* New York: Routledge. Kapitel 17.
- Meurrens, M. W. F. n. d. G's dynamic learner model. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments.* Berlin: Springer Verlag. S. 113–125.
- Meyer, H. O., Hertnagel, J. und Weber, H. 2009. *Lernzielüberprüfung im eLearning.* München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Miller, G. A. 1956. "The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information." *Psychological Review* 63(2):81–97.
- Miller, G. A., Galanter, E. und Pribram, K. H. 1960. *Plans and the structure of behavior.* New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Müller, H.-J. 2006. *Handlungsorientierte Prüfungen in der beruflichen Fortbildung. Eine subjekt- und arbeitsprozessorientierte Konzeption für die Konstruktion situationsbezogener Prüfungsmodule am Beispiel der Textilwirtschaft.* Bielefeld: W. Bertelsmann.
- Moreno, R. und Mayer, R. E. 2000a. "A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia messages." *Journal of Educational Psychology* 92(1):117–125.
- Moreno, R. und Mayer, R. E. 2000b. "Engaging students in active learning: The case for personalized multimedia messages." *Journal of Educational Psychology* 93(4):724–733.

- Mousavi, S., Low, R. und Sweller, J. 1995. "Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes." *Journal of Educational Psychology* 87(2):319–334.
- Musekamp, F. n. d. Zum Zusammenhang von Objektivität, Reliabilität und Validität bei verschiedenen Erhebungsmethoden der beruflichen Kompetenzdiagnostik. In: *M. Fischer, M. Becker und G. Spöttl, Hrsg. 2011. Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung - Probleme und Perspektiven. Band 7.* Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 40–56.
- Musekamp, F., Spöttl, G. und Becker, M. 2010. "Schriftliche Arbeitsaufträge zur Erfassung von Differenzen in der Expertise von Facharbeitern und Auszubildenden." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 106(3):336–360.
- Narciss, S. 2006. *Informatives tutorielles Feedback.* Münster: Waxmann.
- Neuenschwander, M. P. 2005. *Unterrichtssystem und Unterrichtsqualität.* Bern: Haupt Verlag.
- Neuweg, G. H. n. d. Grundlagen und Dimensionen der Lehrerkompetenz. In: *R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch und T. Tramm, Hrsg. 2010. Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik.* Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. S. 26–30.
- Nickolaus, R. 2011. "Kompetenzmessung und Prüfungen in der beruflichen Bildung." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.* Band 107(2):161–173.
- Nickolaus, R. 2013. "Wissen, Kompetenzen, Handeln." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 109(1):1–17.
- Nickolaus, R. n. d.a. Die Erfassung fachlicher Kompetenzen und ihrer Entwicklungen in der beruflichen Bildung - Forschungsstand und Perspektiven. In: *O. Zlatkin-Troitschanskaia, Hrsg. 2011. Stationen Empirischer Bildungsforschung: Traditionslinien und Perspektiven.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 331–351.
- Nickolaus, R. n. d.b. Kompetenzmessung - Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis. In: *S. Seufert und C. Metzger, Hrsg. 2013. Kompetenzentwicklung in unterschiedlichen Lernkulturen.* Paderborn: Eusl-Verlagsgesellschaft. S. 26–44.
- Nickolaus, R., Abele, S., Gschwendtner, T., Nitzschke, A. und Greiff, S. 2012. "Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen - Modellierung, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 108(2):243–272.

- Nickolaus, R., Gschwendtner, T. und Abele, S. n. d. a. Herausforderungen und Wege der Diagnose berufsfachlicher Kompetenzen in der gewerblich-technischen Berufsausbildung. In: R. Nickolaus, J. Retelsdorf, E. Winther und O. Köller, Hrsg. 2013. *Mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. S. 183–201.
- Nickolaus, R., Gschwendtner, T. und Abele, S. n. d. b. Valide Abschätzungen von Kompetenzen als eine notwendige Basis zur Effektbeurteilung pädagogischer Handlungsprogramme - Herausforderungen, Ansätze und Perspektiven. In: M. Fischer, M. Becker und G. Spöttl, Hrsg. 2011. *Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung - Probleme und Perspektiven. Band 7*. Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 57–74.
- Nickolaus, R., Gschwendtner, T. und Geissel, B. 2008. "Entwicklung und Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 104(1):48–73.
- Nickolaus, R., Heinzmann, H. und Knöll, B. 2005. "Ergebnisse empirischer Untersuchungen zu Effekten methodischer Grundentscheidungen auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung in gewerblich-technischen Berufsschulen." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 101(1):58–78.
- Nickolaus, R., Petsch, C. und Norwig, K. 2013. "Berufsfachliche Kompetenzen am Ende der Grundbildung in bautechnischen Berufen." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 109(4):538–555.
- Nickolaus, R. und Wuttke, E. n. d. Ergebnisse und Desiderata zur Unterrichtsforschung in der beruflichen Bildung. In: R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch und T. Tramm, Hrsg. 2010. *Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 27.
- Niegemann, H. M. 1993. *Computergestützte Instruktion in der beruflichen Bildung - Theoretische Grundlagen, empirische Befunde und Probleme der Entwicklung von Lehrprogrammen*. Limburgerhof: Limburgerhof.
- Niegemann, H. M. 1995. *Computergestützte Instruktion in Schule, Aus- und Weiterbildung. Theoretische Grundlagen, empirische Befunde und Probleme der Entwicklung von Lehrprogrammen*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Niegemann, H. M. 2001. *Neue Lernmedien. Entwickeln, Konzipieren, Einsetzen*. Bern: Hand Huber.
- Niegemann, H. M. n. d. a. Besonderheiten einer Didaktik des E-Learning. In: R. Arnold und M. Lermen, Hrsg. 2006. *eLearning-Didaktik*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren. S. 65–74.

- Niegemann, H. M. n. d. b. Interaktivität in Online-Anwendungen. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen*. 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 9.
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. und Zobel, A. 2008. *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Niegemann, H. M., Hofer, M., Gronski-Jost, E.-M. und Neff, O. n. d. Computerunterstützte fallbasierte Arbeitsaufgaben zur Kostenrechnung in der kaufmännischen Erstausbildung: Designforschung und curriculare Integration. In: *K. Beck und V. Krumm, Hrsg. 2001. Lehren und Lernen in der beruflichen Erstausbildung*. Opladen: Leske und Budrich. S. 323–348.
- Nielsen, J. 1993a. *Usability Engineering*. Chestnut Hill: Academic Press.
- Nielsen, J. 1993b. “Usability evaluation and inspection methods. Proceedings of the Interchi ’93 Tutorial notes.”.
- Nielsen, J. 1996. “Usability metrics: Tracking Interface Improvements.” *IEEE Software* 13(6):12–13.
- Nielsen, J. n. d. *Heuristic evaluation*. New York: John Wiley.
- Niessen, A., Lehmann-Wermser, A., Knigge, A. und Lehmann, J. 2008. *Entwurf eines Kompetenzmodells ’Musik wahrnehmen und kontextualisieren’*. [PDF] Hamburg: ZFKM. online verfügbar unter: <http://www.zfkm.org/sonder08-niessenetal.pdf> [zuletzt abgerufen am 26.1.2014].
- Nitzschke, A., Geißel, B. und Nickolaus, R. n. d. Erfassung von Fachkompetenz bei Elektronikern und deren Prädiktoren über den Verlauf der Ausbildung. In: *M. Fischer, M. Becker und G. Spöttl, Hrsg. 2011. Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung - Probleme und Perspektiven. Band 7*. Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 111–128.
- Norton, R. n. d. DACUM: Curriculum for the high performance workplace. In: *G. Kohn, J. Rützel, H.-G. Schröter und S. Ziehm, Hrsg. 2000. Compatibility of Vocational Qualification Systems*. Berlin: Overall Verlag. S. 180–193.
- Norton, R. E. 1997. *DACUM Handbook*. 2. Aufl. Columbus: Ohio State University.
- Orehovacki, T. n. d. Development of a Methodology for Evaluating the Quality in Use of Web 2.0 Applications. In: *P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque und M. Winckler, Hrsg. 2011. Human-Computer Interaction - INTERACT 2011. Part IV*. Heidelberg: Springer. S. 382–385.

- Pachl, J. 2009. *Railway Operation and Control*. 2. Aufl. Mountlake Terrace: VTD Rail Publishing.
- Pachl, J. 2013. *Sytemtechnik des Schienenverkehrs - Bahnbetrieb planen, steuern und sichern*. 7. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Paechter, M. 1996. *Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware*. Münster: Waxman.
- Pawlowski, J. M. und Bick, M. n. d. Integration of Learning and Working: Convergent Processes and Systems. In: *H. H. Adelsberger, Kinshuk, J. M. Pawlowski und D. Sampson, Hrsg. 2008. Handbook on Information Technologies for Education and Training*. 2. Aufl. Heidelberg: Springer Verlag. Kapitel 12.
- Peetz, A. n. d. E-Learning an der Universität Hamburg: Erfolgreiche Vergangenheit und ungewisse Zukunft. In: *U. Dittler, Hrsg. 2011. E-Learning*. 3. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 3.
- Pershing, J. A. und Lee, H. K. n. d. Concern Matrix: Analyzing Learners' Needs. In: *A.-M. Armstrong, Hrsg. 2004. Instructional Design in the Real World*. Hershey: Information Science Publishing. S. 1–9.
- Petschenka, A., Ojstersek, N. und Kerres, M. n. d. Lernaufgaben gestalten. Lerner aktivieren mit didaktisch sinnvollen Lernaufgaben. In: *A. Hohenstein und K. Wilbers, Hrsg. 2004. Handbuch E-Learning*. Köln: Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst. Kapitel 4.19.
- Plieninger, M. n. d. Babel: didaktischer Methodenmix für digitale Sprachkurse. In: *U. Dittler, Hrsg. 2011. E-Learning*. 3. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 12.
- Posner, G. n. d. Curriculum Planning Model. In: *In: T. Plomp und D. P. Ely, Hrsg. 2008. International encyclopedia of educational technology*. 2. Aufl. Bingley: Emerald Group Publishing. S. 137–142.
- Prenzel, M., Kramer, K. und Drechsel, B. n. d. Selbstbestimmt motiviertes und interessiertes Lernen in der kaufmännischen Erstausbildung - Ergebnisse eines Forschungsprojektes. In: *K. Beck und V. Krumm, Hrsg. 2001. Lehren und Lernen in der beruflichen Erstausbildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 37–61.
- Prümper, J. 1993. *Fragebogen ISONORM 9241/10. Beurteilung von Software auf Grundlage der Internationalen Ergonomie-Norm DIN EN ISO 9241/10*. [DOC] Berlin: J. Prümper. online erhältlich unter: <<http://www.ergo-online.de/site.aspx?url=html/service/download/area/isonorm.doc>> [zuletzt abgerufen am 4.1.2014].

- Prümper, J. n. d. Der Benutzungsfragebogen ISONORM 9241/10: Ergebnisse zur Realibilität und Validität. In: *R. Liskowski, B. M. Velichkovski und W. Wünschmann, Hrsg. 1997. Software-Ergonomie '97 - Usability-Engineering: Integration von Mensch-Computer-Interaktion und Software-Entwicklung*. Stuttgart: Teubner. S. 253–262.
- Prümper, J. und Anft, M. 1993. Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung - ein Fallbeispiel. In: *K. H. Rödinger, Hrsg. 1993. Software-Ergonomie '93 - Von der Benutzungsoberfläche zur Arbeitsgestaltung*. Stuttgart: Teubner. S. 145–156.
- Pütz, H. 1999. *Hrsg. Erläuterungen zur Verordnung über die Berufsausbildung zum Eisenbahner im Betriebsdienst/zur Eisenbahnerin im Betriebsdienst*. Nürnberg: Verlag BW Bildung und Wissen.
- Pätzold, G. und Reinsch, H. n. d. Didaktik der beruflichen Fachrichtungen. In: *R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch und T. Tramm, Hrsg. 2010. Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. S. 160–168.
- Rasch, G. 1980. *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests*. 2. Aufl. Chicago: University of Chicago Press.
- Rauner, F., Haasler, B. und Heinemann, L. n. d. Das Kompetenzmodell: Grundlagen für das Messen beruflicher Kompetenz und Identität. Das KOMET-Kompetenzmodell. In: *R. Arnold, P. Gonon und F. Rauner, Hrsg. 2009. Messen beruflicher Kompetenzen. Band I*. 2. Aufl. Berlin: LIT Verlag Dr.W. Hopf. S. 84–94.
- Rauner, F. und Heinemann, L. n. d. Determinanten der beruflichen Kompetenzentwicklung. In: *R. Arnold, P. Gonon und F. Rauner, Hrsg. 2011. Messen beruflicher Kompetenzen. Band III*. Berlin: LIT Verlag Dr.W. Hopf. S. 210–231.
- Rauner, F., Heinemann, L., Martens, T. und Maurer, A. n. d. Das KOMET-Kompetenzmodell. In: *R. Arnold, P. Gonon und F. Rauner, Hrsg. 2011. Messen beruflicher Kompetenzen. Band III*. Berlin: LIT Verlag Dr.W. Hopf. S. 51–70.
- Rauner, F., Heinemann, L., Piening, D. und Maurer, A. n. d. Die Ergebnisse der Pilotphase. In: *R. Arnold, P. Gonon und F. Rauner, Hrsg. 2009. Messen beruflicher Kompetenzen. Band II*. 2. Aufl. Berlin: LIT Verlag Dr.W. Hopf. S. 107–160.
- Rauner, F., Schön, M., Gerlach, H. und Reinold, M. 2001. *Berufsbildungsplan für den Industrieelektroniker*. 3. Aufl. Bremen: ITB, Universität Bremen.

- Realinho, V., Dias, A. E. und Romão, T. n. d. Testing the Usability of a Platform for Rapid Development of Mobile Context-Aware Applications. In: *P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque und M. Winckler, Hrsg. 2011. Human-Computer Interaction - INTERACT 2011. Part III.* Heidelberg: Springer. S. 521–536.
- Reigeluth, C. M. n. d.a. The Elaboration Theory: Guidance for Scope and Sequence Decisions. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1999. Neudruck 2009. Instructional-design theories and models. Band 2.* New York: Routledge. Kapitel 18.
- Reigeluth, C. M. n. d.b. Instructional Design: What Is It And Why Is It? In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1983. Instructional-design theories and models.* Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. Kapitel 1.
- Reigeluth, C. M. und Moore, J. n. d. Cognitive Education and the Cognitive Domain. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1999. Neudruck 2009. Instructional-design theories and models. Band 2.* New York: Routledge. Kapitel 3.
- Reigeluth, C. M. und Stein, F. S. n. d. The Elaboration Theory of Instruction. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1983. Instructional-design theories and models.* Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. Kapitel 10.
- Reinhold, M. und Howe, F. n. d. Experten-Workshops: Ein berufswissenschaftliches Instrument zur Validierung Beruflicher Handlungsfelder. In: *M. Becker, M. Fischer und G. Spöttl, Hrsg. 2010. Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Band 5.* Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 66–89.
- Reiss, K. M., Heinze, A., Renkl, A. und Groß, C. 2008. "Reasoning and proof in geometry: Effects of a learning environment based on heuristic worked-out examples." *ZDM: the international journal on mathematics education* 40(3):455–467.
- Renkl, A. n. d. The Worked-Out Examples Principle in Multimedia Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning.* Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 15.
- Retelsdorf, J., Lindner, C., Nickolaus, R., Winther, E. und Köller, O. n. d. Forschungsdesiderate und Perspektiven - Ausblick auf ein Projekt zur Untersuchung mathematisch-naturwissenschaftlicher Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung. In: *R. Nickolaus, J. Retelsdorf, E. Winther und O. Köller, Hrsg. 2013. Mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung.* Stuttgart: Franz Steiner Verlag. S. 227–234.

- Richter, H. n. d. Lernerfolgsüberprüfungen. In: *R. Bader und M. Müller, Hrsg. 2004. Unterrichtsgestaltung nach dem Lernfeldkonzept*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag S. 231–259.
- Rieber, L. P. n. d. Multimedia Learning in Games, Simulations, and Micro-worlds. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 33.
- Rosendahl, J. und Straka, G. A. 2011. “Kompetenzmodellierungen zur wirtschaftlichen Fachkompetenz angehender Bankkaufleute.” *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 107(2):190–217.
- Rost, J. 2004. *Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion*. 2. Aufl. Bern:Huber.
- Rost, J. n. d. Definition von Kompetenzniveaus mit Hilfe von Mischverteilungsmodellen. In: *B. Beck und E. Klieme, Hrsg. 2007. Sprachliche Kompetenzen*. 2. Aufl. Weinheim: Beltz-Verlag. S. 100–106.
- Roto, V., Vermeeren, A., Väänänen-Vainio-Mattila, K. und Law, E. n. d. User Experience Evaluation - Which Method to Choose? In: *P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque und M. Winckler, Hrsg. 2011. Human-Computer Interaction - INTERACT 2011. Part IV*. Heidelberg: Springer. S. 714–715.
- Rouet, J.-F. und Potelle, H. n. d. Navigational Principles in Multimedia Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 19.
- Rowland, G. und Reigeluth, C. M. n. d. Task Analysis. In: *T. Plomp und D. P. Ely, Hrsg. 2008. International encyclopedia of educational technology*. 2. Aufl. Bingley: Emerald Group Publishing. S. 121–142.
- Rowntree, D. 1992. *Exploring open and distance learning*. London: Kogan Page.
- Rütter, T. n. d. Formen der Testaufgabe. In: *K. J. Klauer, Hrsg. 1978. Handbuch der pädagogischen Diagnostik*. Vol. Band 1 Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann. S. 257–280.
- Rubin, J. 2008. *Handbook of Usability Testing: How to plan, design, and conduct effective tests*. 2. Aufl. New York: John Wiley.
- Ruch, H., Schwarzkopf, K. und Zöller, A. n. d. Die Innovationsbeiträge der Modellversuche zum Program ‘Neue Lernkonzepte in der dualen Berufsausbildung’. In: *P. Gerds, Hrsg. 2004. Neue Lernkonzepte in der dualen Berufsausbildung*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. S. 113–173.
- Ryle, G. 2009. *The Concept of Mind: 60th Anniversary Edition*. London: Routledge.

- Süß, H.-M. 1996. *Intelligenz, Wissen und Problemlösen. Kognitive Voraussetzungen für erfolgreiches Handeln bei computersimulierten Problemen*. Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Süß, H.-M. n. d. Die Rolle von Intelligenz und Wissen für erfolgreiches Handeln in komplexen Situationen. In: *G. Franke, Hrsg. 2008. Komplexität und Kompetenz*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. S. 249–275.
- Sackmann, C. n. d. Methoden-Training als Unterrichtsentwicklung. In: *K.-H. Arnold. Hrsg. 2007. Unterrichtsqualität und Fachdidaktik*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 11.
- Sampson, D. und Fyrtos, D. n. d. Competence Models in Technology-Enhanced Competence-Based Learning. In: *H. H. Adelsberger, Kinshuk, J. M. Pawlowski und D. Sampson, Hrsg. 2008. Handbook on Information Technologies for Education and Training*. 2. Aufl. Heidelberg: Springer Verlag. Kapitel 9.
- Scandura, J. M. n. d. Instructional Strategies Based on the Structural Learning Theory. In: *C. M. Reigeluth, Hrsg. 1983. Instructional-design theories and models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. Kapitel 7.
- Schank, R. C. 1998. *Tell Me a Story: Narrative and Intelligence*. Evanston: Northwestern University Press.
- Schaper, N. n. d. (Arbeits-)psychologische Kompetenzforschung. In: *M. Fischer und G. Spöttl, Hrsg. 2008. Forschungsperspektiven in Facharbeit und Berufsbildung. Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Band 3*. Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 91–115.
- Schenkel, P. n. d. Ebenen und Prozesse der Evaluation. In: *P. Schenkel, S.-O. Tergan und A. Lottmann, Hrsg. 2000. Qualitätsbeurteilung multimedialer Lern- und Informationssysteme. Evaluationsmethoden auf dem Prüfstand*. Nürnberg: BW Bildung und Wissen. S. 52–74.
- Scherm, M. 2014. *Kompetenzfeedbacks. Selbst- und Fremdbeurteilung beruflichen Verhaltens*. Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Schiro, M. S. 2008. *Curriculum Theory. Conflicting Visions and Enduring Concerns*. Thousands Oaks: Sage.
- Schmidt, H. G. und Boshuizen, H. P. A. 1993. “On acquiring expertise in medicine.” *Educational Psychology Review* 5(3):205–221.
- Schmidt, J. U. und Gutschow, K. 1999. *Hrsg. Vom Papier zum Bildschirm: Computergestützte Prüfungsformen*. BIBB, Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

- Schmitz, B. 2001. "Self-Monitoring zur Unterstützung des Transfers einer Schulung in Selbstregulation für Studierende." *Zeitschrift für pädagogische Psychologie* 15(3/4):181–197.
- Schön, D. A. 1987. *Educating the reflective practitioner*. New York: Wiley.
- Schneidermann, B. und Plaisant, C. 2005. *Designing the User Interface. Strategies for Effective Human Computer Interaction*. 4. Aufl. Boston: Pearson, Addison Wesley.
- Schnotz, W. n. d. An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 4.
- Schnotz, W. und Horz, H. n. d. Online-Lernen mit Texten und Bildern. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen*. 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 6.
- Schnotz, W. und Lowe, R. K. n. d. A unified view of learning from animated and static graphics. In: *R. K. Lowe und W. Schnotz, Hrsg. 2008. Learning with animation. Research Implications for Design*. Cambridge: Cambridge University Press. S. 304–356.
- Schott, F. n. d. The useful representation of instructional objectives: A task analysis of task analysis. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments*. Berlin: Springer Verlag. Kapitel 3.
- Schütte, F. und Mansfeld, T. 2013. "Digitale Lehr-Lernmittel in der Metall- und Elektrotechnik. Fachdidaktische Relevanz, unterrichtsmethodische Reichweite." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 109(2):304–315.
- Schulz, A. n. d. Zur Erfassung von Problemlösefähigkeit als Teil der Fachkompetenz im Kontext webbasierter Lernumgebungen in der gewerblich-technischen Berufsausbildung. In: *D. Frommberger, Hrsg. 2012. Magdeburger Schriften zur Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Heft 1*. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. S. 2–161.
- Scriven, M. 1991. *Evaluation thesaurus*. 4. Aufl. Newbury Park: SAGE Publications.
- Seeber, S. 2008. "Ansätze zur Modellierung beruflicher Fachkompetenz in kaufmännischen Ausbildungsberufen." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 104(1):74–97.

- Seeber, S. n. d. Ökonomisches Verständnis. In: *R. Lehmann und E. Hoffmann, Hrsg. 2008. BELLA: Berliner Erhebung der Lernausgangslagen arbeitsrelevanter Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf 'Lernen'*. Münster: Waxmann. S. 197–208.
- Seeber, S und Nickolaus, R. n. d. Kompetenz, Kompetenzmodelle und Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung. In: *R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch und T. Tramm. Hrsg. 2010. Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. S. 247–257.
- Seel, N. M. n. d. The significance of prescriptive decision theory for instructional design expert systems. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments*. Berlin: Springer Verlag. Kapitel 4.
- Semmer, N., Zapf, D. und Dunckel, H. n. d. Instrument zur Stressbezogenen Tätigkeitsanalyse ISTA. In: *H. Dunckel, Hrsg. 1999. Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren*. Zürich: vdf Hochschulverlag. S. 179–204.
- Seufert, S. 1996. *Computer Assisted Learning (CAL)*. Wiesbaden: Gabler Verlag, Deutscher Universitätsverlag.
- Seufert, S., Back, A. und Häusler, M. 2001. *E-Learning - Weiterbildung im Internet*. Kilchberg: SmartBooks Publishing AG.
- Shapiro, A. M. n. d. The Site Map Principle in Multimedia Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 20.
- Shneiderman, B. 2009. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. 5. Aufl. Reading: Addison-Wesley.
- Siemens, G. 2004. *A Learning Theory for the Digital Age*. [HTML] Athabasca: Elearnspace.org. [zuletzt aktualisiert am 5.4.2005] online verfügbar unter: <<http://www.elearnspace.org/articles/connectivism.htm>> [zuletzt abgerufen am 29.12.2013].
- Simon, H. A. 1974. "How big is a chunk?" *Science* 183(4124):482–488.
- Slepcevic-Zach, P. und Tafner, G. 2011. "Nicht nur für die Schule lernen wir... - aber kein System kann die Umwelt integrieren." *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 107(2):174–189.
- Sonntag, K. H. und Schaper, N. n. d. Förderung beruflicher Handlungskompetenz. In: *K. H. Sonntag, Hrsg. 1999. Personalentwicklung in Organisationen*. Göttingen: Hogrefe. S. 111–244.

- Sonntag, K. H. und Schmidt-Rathjens, C. 2004. "Kompetenzmodelle - Erfolgsfaktoren im HR-Management?" *Personalführung* Band 2004(10):18–26.
- Spöttl, G. 2011. Kompetenzmodelle als Grundlage für eine valide Kompetenzdiagnostik. In: *M. Fischer, M. Becker und G. Spöttl, Hrsg. 2011. Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung - Probleme und Perspektiven. Band 7.* Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 13–39.
- Spöttl, G. n. d. Berufsstrukturen und berufliche Kompetenz. In: *M. Becker, M. Fischer und G. Spöttl, Hrsg. 2010. Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt. Band 5.* Frankfurt a. M.: Peter Lang. S. 159–176.
- Stark, R., Gruber, H., Renkl, A. und Mandl, H. n. d. Lernen mit Lösungsbeispielen in der kaufmännischen Erstausbildung - Versuch der Optimierung einer Lernmethode. In: *K. Beck und R. Dubs, Hrsg. 1998. Kompetenzentwicklung in der Berufserziehung.* Stuttgart: Franz Steiner Verlag. Kapitel 1.
- Stern, E. n. d. Knowledge restructuring as a powerful mechanism of cognitive development: How to lay an early foundation for conceptual understanding in formal domains. In: *P. D. Tomlinson J. Dockrell und P. Winne, Hrsg. 2005. Pedagogy - teaching for learning. British Journal of Educational Psychology Monograph. Serie II, Nr. 3.* Leicester: British Psychological Society. S. 153–169.
- Stockmann, R. 2004. *Evaluationsforschung: Grundlagen und ausgewählte Forschungsfelder.* Opladen: Leske und Budrich.
- Strobl, C. 2012. *Das Rasch-Modell.* 2. Aufl. München: Rainer Hampp Verlag.
- Stufflebeam, D. L. n. d. The CIPP model for evaluation. In: *D. L. Stufflebeam, G. F. Madaus und T. Kellaghan, Hrsg. 2000. Evaluation models. Viewpoints on educational and human services.* 2. Aufl. Boston: Kluwer Academic Publishers. Kapitel 16.
- Suchman, E. A. 1967. *Evaluation research: Principles and practice in public service and social action programs.* New York: Russell Sage.
- Sweller, J. 1988. "Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning." *Cognitive Science* 12(2):257–285.
- Sweller, J. n. d. a. How the Human Cognitive System Deals with Complexity. In: *J. Elen und R. E. Clark. Hrsg. 2006. Handling Complexity in Learning Environments.* Amsterdam: Elsevier Kapitel 1.

- Sweller, J. n. d.b. Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 2.
- Sweller, J. n. d.c. The Redundance Principle in Multimedia Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 10.
- Tarmizi, R. und Sweller, J. 1988. "Guidance during mathematical problem solving." *Journal of Educational Psychology* 80(4):424–436.
- Tenberg, R. 2001. *Multimedia und Telekommunikation im beruflichen Unterricht. Theoretische Analyse und empirische Untersuchungen im gewerblich-technischen Berufsfeld*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Tergan, S.-O. n. d. Vergleichende Bewertung von Methoden zur Beurteilung der Qualität von Lehr- und Informationssystemen. Fazit eines Methodenvergleichs. In: *P. Schenkel, S.-O. Tergan und A. Lottmann, Hrsg. 2000. Qualitätsbeurteilung multimedialer Lern- und Informationssysteme. Evaluationsmethoden auf dem Prüfstand*. Nürnberg: BW Bildung und Wissen. S. 329–347.
- Thoma, V. und White, E. P. n. d. In Two Minds about Usability? Rationality and Intuition in Usability Evaluations. In: *P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque und M. Winckler, Hrsg. 2011. Human-Computer Interaction - INTERACT 2011. Part IV*. Heidelberg: Springer. S. 544–547.
- Thonhauser, J. 2008. *Hrsg. Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen*. Münster: Waxman Verlag.
- Tippelt, R. und Edelmann, D. n. d. DACUM (Developing a Curriculum). In: *J. Erpenbeck und L. von Rosenstiel, Hrsg. 2007. Handbuch Kompetenzmessung*. 2. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag. S. 737–757.
- Tulodziecki, G. 1996. *Unterricht mit Jugendlichen: eine handlungsorientierte Didaktik*. 3. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Unz, D. n. d. Didaktisches Design für Lernprogramme in der Wissenschaftlichen Weiterbildung. In: *F. Scheuermann, F. Schwab und H. Augenstein, Hrsg. 1998. Studieren und weiterbilden mit Multimedia*. Nürnberg: BW Bildung und Wissen. S. 308–334.
- Urretavizcaya, M. und Verdejo, M. F. n. d. A cooperative system for the interactive debugging of novice programming errors. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments*. Berlin: Springer Verlag. Kapitel 25.

- van der Linden, W. J. n. d. Computerized Educational Measurement. In: *T. Plomp und D. P. Ely, Hrsg. 2008. International Encyclopedia of Educational Technology*. Bingley: Emerald Group Publishing. S. 573–579.
- van Merriënboer, J. J. G. 1997. *Training complex cognitive skills: a four-component instructional design model for technical training*. Englewood Cliffs: Educational Technology Publications.
- van Merriënboer, J. J. G. und Kester, L. n. d. The Four-Component Instructional Design Model: Multimedia Principles in Environments for Complex Learning. In: *R. E. Mayer, Hrsg. 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. Kapitel 5.
- van Merriënboer, J. J. G. und Kirschner, P. A. 2007. *Ten Steps to Complex Learning*. NewYork: Routledge.
- van Merriënboer, J. J. G. und Krammer, H. P. M. n. d. A descriptive model of instructional processes in interactive learning environments for elementary computer programming. In: *S. Dijkstra, H. P. M. Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments*. Berlin: Springer Verlag. Kapitel 13.
- Vargas Leyva, M. R. 2008. *Diseño Curricular por Competencias*. Mexico: Asociación Nacional de Facultades y Escuelas Ingeniería.
- VDV. 2007. *Richtlinie über die Anforderungen an die Befähigung von Mitarbeitern im Eisenbahnbetrieb (754 12/07)*. VDV Schriften Köln: VDV.
- Venus-Wagner, I. 2011. “Naturwissenschaftliche Bildungsstandards.” *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 64(7):428–432.
- Venus-Wagner, I., Weiglhofer, H. und Zumbach, J. n. d. Kompetenzorientiertes Unterrichten in den Naturwissenschaften. In: *M. Paechter, M. Stock, S. Schmolzer-Eibinger, P. Slepcevic-Zach und W. Weirer, Hrsg. 2003. Handbuch Kompetenzorientierter Unterricht*. Weinheim: Beltz Verlag. S. 188–202.
- Vögele, M. 2003. *Computerunterstütztes Lernen in der beruflichen Bildung*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Viering, T., Fischer, H. E. und Neumann, K. n. d. Die Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. In: *E. Klieme, D. Leutner und M. Kenk, Hrsg. 2010. Kompetenzmodellierung*. Weinheim: Beltz Verlag. S. 92–103.
- Vincenzi, F. F., Gersing, K. R. und Coppoc, G. L. n. d. Dynamic interfaces for computer-based simulations in pharmacology. In: *S. Dijkstra, H. P. M.*

- Krammer und J. J. G. van Merriënboer, Hrsg. 2010. Instructional Models in Computer-Based Learning Environments.* Berlin: Springer Verlag. Kapitel 28.
- von Martial, I. und Ladenthin, V. 2005. *Medien im Unterricht.* 2. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Wagner, A. 2001. *Lernen mit neuen Medien.* München: Rainer Hampp Verlag.
- Wagner, M. n. d. Serious Games: Spielerische Lernumgebungen und deren Design. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen.* 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 24.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. und Wellnitz, N. n. d. ESNaS: Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In: *A. Gehrman, U. Hicks und M. Lüders, Hrsg. 2010. Bildungsstandards und Kompetenzmodelle.* Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 12.
- Watanabe, W.M., de Mattos Fortes, R. P. und da Graça Campos Pimentel, M. n. d. The Link-Off-Scale Mechanism for Improving the Usability of Touch Screen Displays on the Web. In: *P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque und M. Winckler, Hrsg. 2011. Human-Computer Interaction - INTERACT 2011. Part III.* Heidelberg: Springer. S. 356–372.
- Weber, S. und Trost, S. n. d. Sind wir mit unserer kaufmännischen Erstausbildung noch auf dem 'richtigen' Weg ins 21. Jahrhundert? In: *O. Zlatkin-Troitschanskaia, Hrsg. 2011. Stationen Empirischer Bildungsforschung: Traditionslinien und Perspektiven.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 46–61.
- Weidenmann, B. n. d.a. Informierende Bilder. In: *B. Weidenmann, Hrsg. 1993. Wissenserwerb mit Bildern.* Bern: Hans Huber. S. 9–58.
- Weidenmann, B. n. d.b. Multimedia, Multicodierung und Multimodalität beim Online-Lernen. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen.* 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 5.
- Weiglhofer, H. und Venus-Wagner, I. n. d. Naturwissenschaftliche Bildungsstandards in Österreich. In: *A. Gehrman, U. Hicks und M. Lüders, Hrsg. 2010. Bildungsstandards und Kompetenzmodelle.* Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 13.
- Weinert, F. E. 1982. "Selbstgesteuertes Lernen als Voraussetzung, Methode und Ziel des Unterrichts." *Unterrichtswissenschaft* Band 10(2):99–110.

- Weth, R. von der. n. d. Über das Verfertigen der Strategien beim Handeln. In: *G. Franke, Hrsg. 2008. Komplexität und Kompetenz*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag. S. 123–140.
- Wild, K.-P. n. d. Berufliche Interessen und Lernerfolg in der beruflichen Erstausbildung. In: *O. Zlatkin-Troitschanskaia, Hrsg. 2011. Stationen Empirischer Bildungsforschung: Traditionslinien und Perspektiven*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 264–277.
- Winther, E. 2009. *Wirtschaftspädagogin Dr. Esther Winther mit Teilprojekt am DFG-Schwerpunktprogramm beteiligt*. Göttingen: Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität Göttingen. [HTML] online verfügbar unter: <<http://www.uni-goettingen.de/de/121104.html>> [zuletzt abgerufen am 19.12.2013].
- Winther, E. 2011a. “Das ist doch nicht fair! - Mehrdimensionalität und Testfairness in kaufmännischen Assessments.” *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 107(2):218–238.
- Winther, E. 2011b. “Kompetenzorientierte Assessments in der beruflichen Bildung - Am Beispiel der Ausbildung von Industriekaufleuten.” *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 107(1):33–54.
- Winther, E. 2011c. “Kompetenzen messen - Zur Notwendigkeit methodologischer und quantitativer Standards im Rahmen beruflicher Kompetenzmessung.” *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* Band 107(1):128–137.
- Winther, E. und Achtenhagen, F. n. d. Kompetenzdiagnostik im kaufmännischen Bereich - ein Umsetzungsbeispiel. In: *R. Nickolaus, J. Retelsdorf, E. Winther und O. Köller, Hrsg. 2013. Mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. S. 203–224.
- Winther, E. und Klotz, V. K. 2014. “Spezifika der beruflichen Kompetenzdiagnostik - Inhalte und Methodologie.” *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Sonderheft* 17(22):9–32.
- Winther, E. und Prenzel, M. 2014. “Berufliche Kompetenz und Professionalisierung - Testverfahren und Ergebnisse im Spiegelbild ihrer Accountability.” *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Sonderheft* 17(22):1–7.
- Wolff, K. 1994. *Umgang mit Komplexität in Lernsituationen. Inauguraldissertation 8.7.1994*. Köln: Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät der Universität zu Köln.

- Wong, A., Marcus, N. und Sweller, J. n. d. Instructional Animations: More Complex to Learn from Than at First Sight? In: *P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque und M. Winckler, Hrsg. 2011. Human-Computer Interaction - INTERACT 2011. Part IV*. Heidelberg: Springer. S. 552–555.
- Wood, D., Bruner, J. S. und Ross, G. 1976. "The role of tutoring in problem solving." *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 17:89–100.
- Woolrych, A. und Hindmarch, M. n. d. Understanding and Improving Usability Inspection Methods. In: *C. Ghaoui, Hrsg. 2006. Encyclopedia of Human Computer Interaction*. Hershey: Idea Group Reference. S. 641–647.
- Wottawa, H. 2003. *Lehrbuch Evaluation*. 3. Aufl. Bern: Verlag Hans Huber.
- Zacher, H., Degner, M., Seevaldt, R., Frese, M. und Lüdde, J. 2009. "Was wollen jüngere und ältere Erwerbstätige erreichen? Altersbezogene Unterschiede in den Inhalten und Merkmalen beruflicher Ziele." *Zeitschrift für Personalpsychologie* Volume 8(4):191–200.
- Zeitler, S., Köller, O. und Tesch, B. n. d. Bildungsstandards und ihre Implikationen für Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung. In: *A. Gehrman, U. Hicks und M. Lüders, Hrsg. 2010. Bildungsstandards und Kompetenzmodelle*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. Kapitel 1.
- Ziener, G. 2008. *Bildungsstandards in der Praxis. Kompetenzorientiert unterrichten*. Seelze-Velber: Kallmeyer mit Klett Erhard Friedrich.
- Zimmer, G. n. d.a. Qualitätskriterien für Medien in der Berufsbildung. In: *G. Cramer, S. F. Dietl, H. Schmidt und W. Wittwer, Hrsg. 2009. Ausbilder-Handbuch*. Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst (109. Erg.-Lfg.). S. 1–21.
- Zimmer, G. n. d.b. Virtuelles Lernen in der Berufsbildung. In: *P. Klimsa und L. J. Issing, Hrsg. 2011. Online-Lernen*. 2. Aufl. München: Oldenbourg Verlag. Kapitel 32.
- Zlatkin-Troitschanskaia, O. und Minnameier, G. 2010. Kritischer und reflektierter Umgang mit Wissenschaft und Evidenz im Schulunterricht (WiES) - Eine Untersuchung bei angehenden Lehrkräften der Ökonomie. In: *K. Beck, K. Breuer und O. Zlatkin-Troitschanskaia, Hrsg. Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik, Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften. Reihe Arbeitspapiere WP. Heft Nr. 57*. Mainz: Johannes Gutenberg-Universität S. 1–34.
- Zlatkin-Troitschanskaia, O. und Seidel, J. n. d. Kompetenz und ihre Erfassung - das neue 'Theorie-Empirie-Problem' der empirischen Bildungs-

forschung? In: *O. Zlatkin-Troitschanskaia, Hrsg. 2011. Stationen Empirischer Bildungsforschung: Traditionslinien und Perspektiven.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 218–233.

Zoeller, H.-J. 2002. *Handbuch der ESTW-Funktionen.* Darmstadt: Tetzlaff-Verlag.

Anmerkung: Bei Datei- oder URL-Angaben ist der Unterstrich im Literaturverzeichnis durch ein Leerzeichen dargestellt. Das Zeichen „&“ ist als „and“ notiert.

Index

- Adaptivität, 3, 106, 156
 - strukturelle, 73
- Animationen, 3, 97
 - Kurzanimation, 99
 - Simulationen, 6, 156
- Arbeitskreis Ausbildung EiB
 - 1. Expertentreffen, 11–16
 - 2. Expertentreffen, 41–68
- Ausbildungsexperten, 4, 9, 151, 159
- Ausbildungssoftware, 1, 69, 155, 157
 - did.-päd. Konzept, 69, 71, 76, 87
 - Einsatzkontext, 72
 - Leistungsbeurteilung, 109
 - Leistungsbewertung, 109
 - Lernmodulaufbau, 73, 78
 - Stellwerksimulation, 100
 - Versionen, 113, 114, 155, 201
- Basisitems, 24, 29, 39, 63, 107, 152
- DACUM, 33–35, 42–49, 152
- EiB/F
 - Ausbildung, 1, 8, 14, 18, 32, 151, 162
 - Fachkraft, 7, 13, 161
- Fachpersonen, 70, 159
- Grundstufe, 4
- Handlungsfelder, 50
- heuristische Evaluation, 118, 119
 - Heuristiken nach Nielsen, 102
 - Priorität, 117
- hierarchisch abhängiges Wissen, 16
- IHK-Prüfung, 107, 151
- Abschlussprüfung, 48
 - Zwischenprüfung, 16, 47, 74
- integrierter Block, IB, 84, 156
- Interaktivität, 4, 101, 104
- kognitive Prozessdimensionen, 4
- Kompetenzen, 4, 153, 159
 - Ausbildungsexperten, 9
 - ein- oder mehrdimensional, 26
 - Fachkompetenz, 28
 - KMK, 23
 - Niveaustufen, 31
- Kompetenzmodell, 153
 - für Ausbildungsberufe, 27
 - für EiB/F, 40, 48, 66
 - Theorie, 23, 25, 26
- Komplexität, 38, 61, 152
 - Ansatz P-DP-BDP, 49, 57, 152
 - Definitionen, 4, 5
 - von Items, 37, 60
 - von Tätigkeiten, 36–37, 56
- Lautes Denken, 119, 130
- Learnability, 116, 137
 - Priorität, 122
- Novizen, A, B, 32, 70, 74, 153
- psychometr. Güte, 26, 35, 38, 39, 127
- Richtlinien, 7, 74
- selbstreguliertes Lernen, 6, 74
- Usability, 6, 127, 128, 133, 156
 - Theorie, 116–119
- Wissensarten, 7